

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я. М. Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом підготовки: 13 – Машинобудування

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-51

Терещенко Ігор Юрійович

Керівник проекту

канд. техн. наук, ст. викл. С. В. Гулієнко
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

з охорони праці

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

з економіки

асистент, канд. техн. наук, С. С. Гайдай
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____ І. Ю. Терещенко

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: бакалавр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Терещенку Ігорю Юрійовичу

1. Тема проекту: Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію.

Керівник проекту кандидат технічних наук, старший викладач Гулієнко С. В.

Затверджена наказом по університету від “__” _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту: 1 червня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: нітрат амонію; продуктивність – 8 кг/год; концентрація розчину на вході у випарний апарат – 40 %, на виході – 97 %; для нагрівання використовується водяна пара.

4. Зміст пояснювальної записки: а) основна частина: розглянути існуючі конструкції випарних апаратів, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та

світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення випарного апарата та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації випарного апарата; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації випарного апарата;

г) економічна частина: обґрунтувати модернізацію апарату та оцінити його ефективність;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових

креслеників, плакатів, презентацій тощо): принципова схема установки –А1, кресленик складальний: випарний апарат – А0, гріюча камера – А1, ілюстрація до технічної ідеї патенту – А3.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Економіка	Гайдай С.С.		

7. Дата видачі завдання: 15 квітня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	18.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	26.10.18	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	28.09.18	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції апарату. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	12.12.18	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору	13.03.19	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	20.03.19	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	15.04.19	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	25.04.19	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	13.05.19	

1	2	3	4
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	19.05.19	
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	25.05.19	
12	Попередній захист проекту	06.06.19	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	07.06.19	

Студент _____ І. Ю. Терещенко
(підпис)

Керівник дипломного проекту _____ С. В. Гулієнко
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 661.525.3

Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»/ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник С. В. Гулієнко – К., 2019. – 113 с.: Викон. – І. Ю. Терещенко – Бібліогр.: 90 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 24 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 113 с. основного тексту, 15 рисунків, 4 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є модернізація випарного апарата з винесеною зоною кипіння для виробництва нітрату амонію, що дозволяє підвищити ефективність роботи випарного апарата шляхом встановлення ежектора, винесеного за межі грійної камери.

Поставлена задача досягається аналітичним визначенням основних розмірів апарата, виконанням параметричного, конструктивного розрахунків та розрахунків на міцність основних вузлів та деталей конструкції, розробкою рекомендації до монтажу та експлуатації випарного апарата, здійсненням оцінки рівня стандартизації та уніфікації розробки, економічним обґрунтуванням модернізації апарата та оцінюванням його ефективності, проведенням аналізу відповідності апарату до вимог охорони праці. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Графічна частина дипломного проекту включає одне креслення формату А0 та два креслення формату А1, що містить: технологічну схему виробництва нітрату амонію, складальне креслення випарного апарата, креслення грійної камери.

ВИПАРНИЙ АПАРАТ, НІТРАТ АМОНІЮ.

РЕФЕРАТ

УДК 661.525.3

Модернизация выпарного аппарата установки производства нитрата аммония: Дипломный проект образовательно – квалификационного уровня «бакалавр» / «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель С. В. Гулиенко – М., 2019. – 113 с. : Испол. – И. Ю. Терещенко – Библиогр. : 90 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок с 24 наименований. Общий объем работы составляет 113 с. основного текста, 15 рисунков, 4 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта является модернизация выпарного аппарата с вынесенной зоной кипения для производства нитрата аммония, что позволяет повысить эффективность работы выпарного аппарата путем установки эжектора, вынесенного за пределы греющей камеры.

Поставленная задача достигается аналитическим определением основных размеров аппарата, выполнением параметрического, конструктивного расчетов и расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции, разработкой рекомендаций к монтажу и эксплуатации выпарного аппарата, осуществлением оценки уровня стандартизации и унификации разработки, экономическим обоснованием модернизации аппарата и оценкой его эффективности, проведением анализа соответствия аппарата с требованиями охраны труда. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Графическая часть дипломного проекта включает один чертеж формата А0 и два чертежа формата А1, содержащий: технологическую схему производства нитрата аммония, сборочный чертеж выпарного аппарата, чертеж греющей камеры.

ВЫПАРНОЙ АППАРАТ, НИТРАТ АММОНИЯ.

ABSTRACT

UDC 661.525.3

The Bachelor Diploma project on the theme: “Modernization of evaporator of ammonium nitrate production plant”. / National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Supervisor: S. Gulyenko - K., 2019. - 113 p.: Performer. – I. Tereshchenko - Bibliography: 90 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, a conclusion, a list of references of 24 titles. The total amount of work is 113 pages. A main text, 15 figures, 4 tables and 4 appendices.

The objective of the study is the modernization of natural circulation evaporator for ammonium nitrate production, which allows to improve the efficiency of the evaporator by improving the design by installing an ejector that is carried out the heating chamber.

This object is achieved by the analytical determination of the main dimensions of the unit, the parametric analysis, the constructive calculations and calculations of the strength of the basic units and parts of the design, the development of recommendations for mounting installation and operation of the evaporator, the implementation assessment of the level of standardization and harmonization of development, the modernization of the system and justification of the assessment of its effectiveness; the analysis of correspondence of the requirements of the labor protections was conducted; the basic safety apparatus operation was outlined. The analysis of the results and conclusions was done. A list of references is given.

The graphical part of the Diploma project consists of one drawing A0 and two drawings A1 format, comprising: the technological scheme of the production of ammonium nitrate, the assembly drawing of an evaporator, the drawing of a heating chamber.

EVAPORATOR, AMMONIUM NITRATE.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом підготовки: 13 – Машинобудування

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію

Зміст

Вступ.....	13
1. Призначення та область використання апарата	14
1.1 Опис технологічного процесу	17
1.2 Вибір типу апарата та його місце в технологічній схемі	18
2. Технічна характеристика	19
3.Опис та обґрунтування вибраної конструкції парогенератора.....	20
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата.....	19
3.2 Вибір матеріалів	20
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами....	20
3.4 Патентне дослідження	22
4 Охорона праці.....	27
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій..	32
5.1 Параметричний розрахунок.....	32
5.2 Конструктивний розрахунок	38
5.3 Розрахунок штуцерів.....	42
5.4 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дієювнутрішнього надлишкового тиску	44
5.5 Розрахунок еліптичного днища під дією внутрішнього тиску	46
5.6 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією зовнішнього тиску	Ошибка! Закладка не определена.
5.7Розрахунок фланцевого з'єднання	51
5.8Розрахунок опор випарного апарата	65
5.9Розрахунок ізоляції	71
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів блоку атмосферної перегонки нафти.....	75

					ЛН51.065343.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.ЗМН.	Підпис	Дата				
Разроб.		Терещенко І.Ю.			Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Гвлієнко С.В.					9	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н.Контр.								
Затв.								

7 Стандартизація та уніфікація	77
8 Економічна частина проекту	79
8.1 Техніко – економічне обґрунтування модернізації.....	79
Висновок.....	84
Вывод.....	85
Conclusion	Ошибка! Закладка не определена. 6
Перелік посилань	88
Додаток А Документація до патентного дослідження.....	90
Додаток Б Комп’ютерний розрахунок елементів парогенератора	97
Додаток В Патенти, які використані в патентному дослідженні	101
Додаток Г Публікації автора	1057

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

F – площа теплообміну, м^2 ;

H, h – висота, м ;

C – прибавка до розрахункової товщини, м ;

D, d – діаметри, м ;

m – маса, кг ;

W – кількість випареної води, кг/с ;

G – продуктивність, кг/с ;

t – температура, К ;

r – питома теплота пароутворення, кДж/кг ;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі з боку водяної пари, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі з боку стінки, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Одним із найважливіших видів мінеральних добрив є азотні: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку та ін. Азот виконує важливу роль у життєдіяльності рослин: він входить до складу хлорофілу, що є акцептором сонячної енергії, і білка, необхідного для побудови живої клітини. Рослини здатні споживати тільки зв'язаний азот - у формі нітратів, солей амонію або амідів. Відносно невеликі кількості зв'язаного азоту утворюються внаслідок діяльності мікроорганізмів, що живуть у ґрунті, однак сучасне землеробство вже неможливо уявити без додаткового внесення в ґрунт азотних добрив, отриманих в результаті промислового зв'язування атмосферного азоту.

Азотні добрива один від одного відрізняються вмістом в них азоту, формою сполук азоту (нітратні, амонійні, амідні), фазового стану (тверді та рідкі), розрізняють фізіологічно кислі та фізіологічно лужні добрива.

Аміачна селітра, або нітрат амонію, NH_4NO_3 - кристалічна речовина білого кольору, що містить 35% азоту в амонійній і нітратній формах, обидві ці форми азоту легко засвоюються рослинами. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

Для отримання аміачної селітри, що практично не злежується, застосовують ряд технологічних прийомів. По-перше, гранулювання. Сумарна поверхня однорідних гранул менше поверхні такої ж кількості дрібнокристалічної солі, тому гранульовані добрива повільніше поглинають вологу з повітря. Іноді аміачну селітру сплавляють з менш гігроскопічними солями, наприклад, сульфатом амонію, фосфатами амонію, хлоридом калію, нітратом магнію.

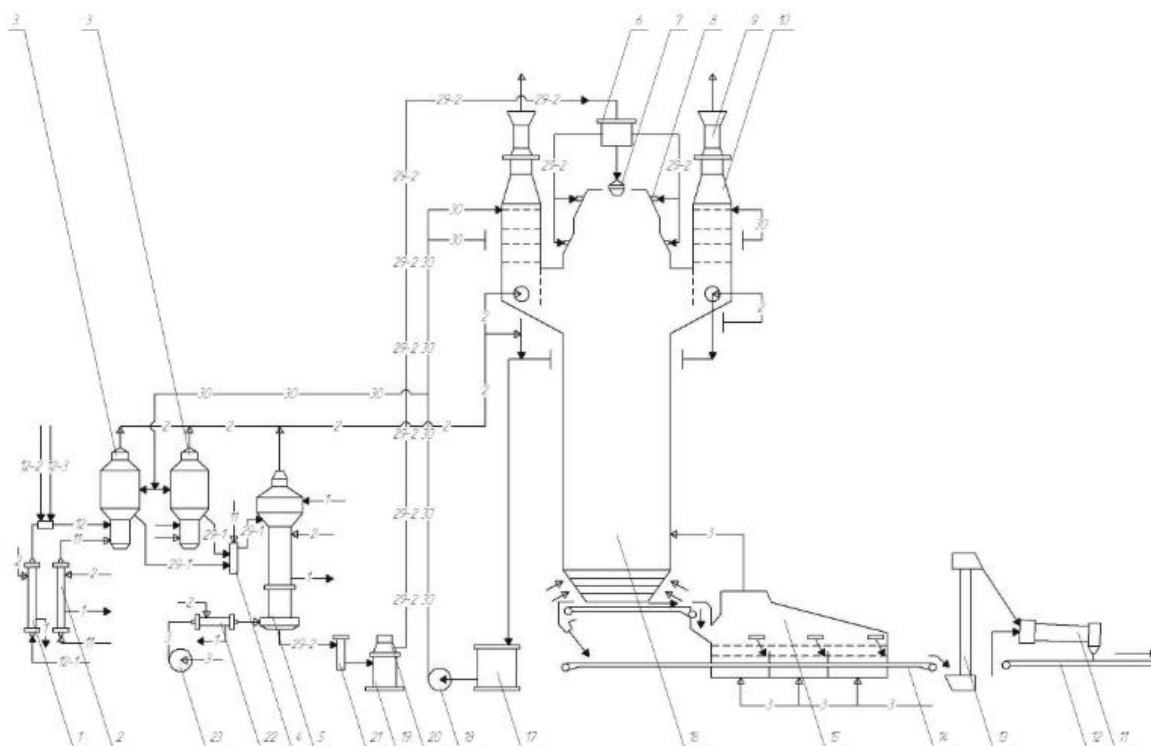
Метою дипломного проекту є модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання апарата

1.1 Опис технологічного процесу

Схема установки виробництва аміачної селітри представлена на рисунку 1.1 [1].



1 – підігрівач кислоти; 2 – підігрівач аміаку; 3 – апарати ІТН;
4 – донейтралізатор; 5 – випарний апарат; 6 – напірний бак;
7, 8 – гранулятори; 9, 23 – вентилятори; 10 – промивний скрублер;
11 – барабан; 12, 14 – транспортери; 13 – елеватор, 15 – апарат киплячого шару; 16 – грануляційна башта; 17 – збірник; 18, 20 – насоси; 19 – бак для плаву; 21 – фільтр для плаву; 22 – підігрівач повітря.

Рисунок 1.1 – Схема агрегату аміачної селітри АС-72

Аміачна селітра, або нітрат амонію, NH_4NO_3 - кристалічна речовина білого кольору, що містить 35% азоту в амонійній і нітратній формах, обидві ці форми азоту легко засвоюються рослинами. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

Для отримання аміачної селітри, що практично не злежується, застосовують ряд технологічних прийомів, зокрема, гранулювання. Сумарна поверхня однорідних гранул менше поверхні такої ж кількості дрібнокристалічної солі, тому гранульовані добрива повільніше поглинають вологу з повітря. Іноді аміачну селітру сплавляють з менш гігроскопічними солями, наприклад, сульфатом амонію, фосфатами амонію, хлоридом калію, нітратом магнію. У модернізованій технологічній схемі процесу виготовлення карбаміду карбонат амонію подається під тиском в конденсатор 8, попередньо підвищивши тиск насосом 11 до 5,5 МПа, де він, за температури $+12^{\circ}\text{C}$, конденсується і після підвищення тиску до 16 МПа направляють до реактора 1.

Технологічний процес виробництва аміачної селітри включає окрім стадії нейтралізації азотної кислоти аміаком також стадії упарювання розчину селітри, гранулювання плаву, охолодження гранул, обробки гранул поверхнево-активними речовинами, пакування, зберігання та завантаження селітри, очищення газових викидів та стічних вод.

На рисунку 1.1 приведена схема сучасного великотоннажного агрегату для виробництва аміачної селітри АС – 72 потужністю 1360 т/доба. Вихідна 58 – 60 % – азотна кислота підігрівається у підігрівачі 1 до 70 – 90 $^{\circ}\text{C}$ соковою парою з апарату ВТН (використання теплоти нейтралізації) 3 та подається на нейтралізацію. Перед апаратами 3 до азотної кислоти додають фосфорну та сірчану кислоти у таких кількостях, щоб у готовому продукті містилося 0,3 – 0,5 % P_2O_5 та 0,05 – 0,2 % сульфату амонію.

У агрегаті встановлені два апарату ВТН, які працюють паралельно. Окрім азотної кислоти у них подають газоподібний аміак, який попередньо нагрітий у підігрівачі 2 паровим конденсатором до 120 – 130 $^{\circ}\text{C}$. Кількості азотної кислоти та аміаку, що подаються, регулюють таким чином, щоб на виході з апарату ВТН розчин мав невеликий надлишок кислоти (2 – 5 г/л), який забезпечує повноту поглинання аміаку.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нижній частині апарату проходить реакція нейтралізації за температури 155 – 170 °С. При цьому отримується концентрований розчин, що містить 91 – 92 % NH_4NO_3 . У верхній частині апарату водяні пари (так звана сокова пара) відмиваються від бризок аміачної селітри та парів азотної кислоти. Частина теплоти сокової пари використовується на підігрів азотної кислоти. Потім сокову пару направляють на очищення та викидають у атмосферу.

Кислий розчин аміачної селітри направляють у донейтралізатор 4, в який надходить аміак, необхідний для взаємодії з азотною кислотою, що залишилася. Розчин подають у випарний апарат 5. Отриманий плав, що має 99,7 – 99,8 % [1] селітри, при 175 °С проходить фільтр 21 та відцентровим занурювальним насосом 20 подається у напірний бак 6, а потім у прямокутну металічну грануляційну башту 16.

У верхній частині башти розташовані гранулятори 7 та 8, у нижню частину яких подають повітря, що охолоджує краплі селітри, які падають зверху. Під час падіння крапель селітри з висоти 50 – 55 м при обтіканні їх потоком повітря утворюються гранули добрива. Температура гранул на виході з башти дорівнює 90 – 110 °С; гарячі гранули охолоджують в апараті киплячого шару 15. Це прямокутний апарат, що має три секції та решітку х отворами. Під решітку за допомогою вентиляторів подають повітря, при цьому утворюється псевдозріджений шар гранул селітри, що надходять транспортером із грануляційної башти. Повітря після охолодження потрапляє до грануляційної башти.

Гранули аміачної селітри транспортером 14 подають на обробку поверхнево-активними речовинами у барабан 11, що обертається. Потім готове добриво транспортером 12 направляють на пакування.

Повітря, що виходить з грануляційної башти, забруднений частинками аміачної селітри, а сокова пара з нейтралізатора та пароповітряна суміш з випарного апарата містять аміак та азотну кислоту, що не прореагували, а також частинки унесеної аміачної селітри. Для очищення цих потоків у верхній частині грануляційної башти розташовані шість паралельно працюючих промивних

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

скрубєрів тарїлчастого типу 10, якї зрошуються 20 – 30 % розчином амїачної селїтри, яка подається насосом 18 з збїрника 17. Частина цього розчину вїдводиться у нейтралїзатор ВТН для промивання сокової пари, а потїм пїдмїшується до розчину селїтри та використовується для вироблення продукцїї. Очищене повїтря вїдсмоктується з грануляцїйної башти вентилятором 9 та викидається у атмосферу

1.2 Вибїр типу апарата та його мїсце в технологїчній схемї

Згїдно з технїчного завдання, потрібен випарний апарат, що здатен упарювати селїтру. Для цього процесу обрано випарний апарат, який застосовується для випарювання розчинїв з невисокою в'язкїстю, що не схильнї до кристалїзацїї.

Зважаючи на те, що виробництво селїтри вїдноситься до небезпечних робїт, використовується апарат з замкненою системою, який складається з циркуляцїйної труби ї кип'ятильних труб. Така конструкцїя сприяє виникненню природної циркуляцїї.

Випаровування в кип'ятильних трубах визначається фїзичними властивостями розчину (в'язкїстю) ї рїзницею температур мїж стїнкою труби та рїдиною. Чим нижче в'язкїсть розчину ї чим бїльше рїзниця температур, тим їнтенсивнїше випаровування ї бїльше швидкїсть циркуляцїї. Якщо рїдина в трубах нагріта до кипїння, то в результатї випаровування частини рїдини в цих трубах утворюється парорїдинна сумїш, щїльнїсть якої менше щїльностї самої рїдини [2].

Для створення їнтенсивної циркуляцїї рїзниця температур мїж грїючою парою ї розчином повинна бути не нижче 10 °С.

При природнїй циркуляцїї пїдвищується коефїцієнт тепловїддачї з боку киплячїй рїдини ї знижується утворенню накипу на поверхнї труб.

Отже, обрано випарний апарат з природною циркуляцїєю та винесеною зоною кипїння, що може використовуватись в хїмїчній, фармацевтичній та харчовїй галузей.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Пїдпис	Дата		

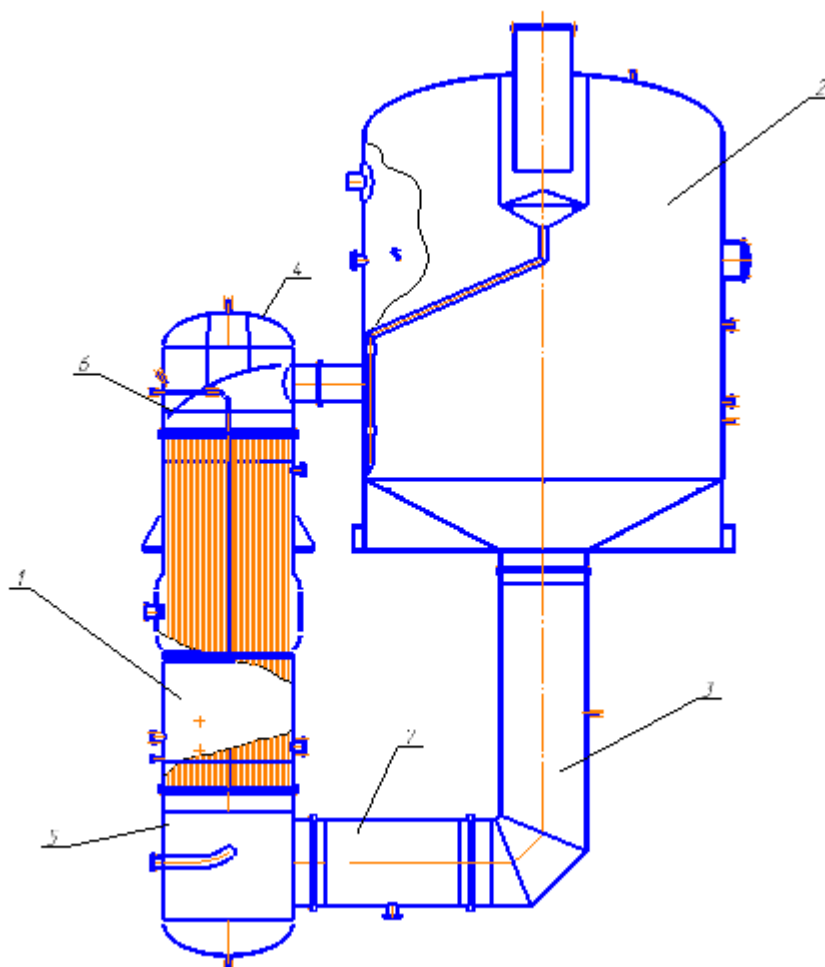
2 Технічна характеристика

Тиск у трубному просторі, МПа	0,1;
тиск у міжтрубному просторі, МПа	1,2;
початкова температура води, К	285;
температура водяної пари, К	565;
початкова температура розчину, К	333;
кінцева температура розчину, К	564;
загальна поверхня теплообміну, м ²	630;
загальна кількість труб, шт	1056;
діаметр апарата, м	1,8;
зовнішній діаметр труб, м	0,040;
внутрішній діаметр труб, м	0,038;
довжина труб апарата, м	5;
товщина стінки апарата, м	0,010;
ширина апарата, м	8,5;
висота апарата, м	13,140;
маса апарата, кг	38650.

3Опис та обґрунтування вибраної конструкції випарного апарата

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема показана на рисунку 3.1.



1 – корпус грійної камери, 2 – сепаратор, 3 – циркуляційна труба
4 – кришка грійної камери, 5 – днище, 6 – підставка.

Рисунок 3.1 – Схема випарного апарата

Випарний апарат складається з сепаратора 2, грійної камери і циркуляційної труби 3. Сепаратор являє собою циліндричну ємність з еліптичною кришкою, приєднану за допомогою болтів до грійної камери. У сепараторі для відділення крапельок рідини від вторинного пара встановлюють різної конструкції відбійники. Грійна камера виконана у вигляді вертикального кожухотрубного теплообмінника, в міжтрубний простір якого надходить грійна пара, а в грійних трубках кипить

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

розчин. Вона має корпус 1, кришку 4, днище 5 та підставку 6. Нижні частини сепаратора і грійної камери з'єднані трубою.

Вихідний розчин надходить під нижню трубну решітку грійної камери 1 та, підіймаючись по кип'ятильним трубам, випаровується. Іноді подачу вихідного розчину в циркуляційну трубу 3. Вторинна пара відділяється від рідини в сепараторі 2. Рідина опускається по циркуляційній трубі 3, що не обігрівається, змішується з вихідним розчином та цикл повторюється знову. Вторинна пара проходить бризковловлювач та видаляється зверху сепаратора 2. Упарений розчин відбирається через боковий штуцер у днищі сепаратора.

3.2 Вибір матеріалів

Всі елементи конструкції, окрім теплообмінних труб, виконанні зі сталі 08X18H10T, враховуючи вимоги [4]. Ця марка відповідає наступним вимогам: інтервал температур від мінус – 30 °С до 550 °С, верхня межа тиску до 10 МПа.

Теплообмінні труби виготовлені зі сталі X18H10T (12X18H10T), беручи до уваги норми [3]. Сталь використовується при наступних технічних вимог: інтервал температур від мінус – 253 °С до 600 °С, верхня межа тиску до 10 МПа.

Болти, гайки, шайби виготовлені зі сталі 35Х, що враховує вимоги [3].

Прокладки виготовлені з пароніту ГОСТ 28759.6-90. Прокладки такого типу використовується при умовному тиску, що не повинен перевищувати 2,5 МПа.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Мета: порівняння випарних апаратів з розробленою моделлю.

Основними вимогами при конструюванні та вибору випарного апарата є: висока площа поверхні теплообміну, високі значення коефіцієнту тепловіддачі у трубному та міжтрубному, висока інтенсивність циркуляції; надійність і

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

герметичність у поєднанні з розбірністю і доступністю поверхні теплообміну для механічного очищення її від забруднень; уніфікація вузлів і деталей.

Найподібнішим до вибраної конструкції є випарний апарат з вимушеною циркуляцією та винесеною зоною кипіння. Упарений розчин у цьому апараті циркулює через грійну камеру за допомогою насоса. В грійній камері розчин нагрівається відносно температури кипіння в сепараторі на величину гідростатичного тиску стовпу рідини. При попаданні в сепаратор, тиск розчину різко знижується, в результаті чого частина розчину миттєво випаровується. В процесі роботи апарата в ньому постійно підтримується циркуляція рідини. Такі апарати здатні забезпечити стабільну та стійку циркуляцію розчину, що упарюється, незалежно від його концентрації, в'язкості та змісту твердих частинок, а також від теплового навантаження апарата. Проте, суттєвим недоліком є наявність рухомих частин та механізмів у конструкції, яка повинна працювати майже безперервно та у агресивному середовищі, що не може не вплинути на цілісність цих механізмів, якість їх роботи та надійність.

В випарному апараті з внутрішньою нагрівальною камерою та центральною циркуляційною трубою гріюча пара потрапляє в міжтрубний простір апарата, а випарюваний розчин циркулює по трубах нагрівальної камери. Для посилення циркуляції в центрі знаходиться циркуляційна труба великого діаметру для оберненого стоку рідини в нижню частину апарата. Випарні апарати такої конструкції відрізняються тим, що мають просту конструкцію, що дозволяє легко проводити його чистку та ремонт. Однак витрата енергії на обігрів центральної труби є досить великою та низька інтенсивність циркуляції.

У вибраному випарному апараті з природною циркуляцією та винесеною зоною кипіння відсутні витрати на обігрів циркуляційної труби, що дозволяє зменшити витрати енергії [5]. Висока інтенсивність циркуляції дозволяє ефективно проводити випарювання, а відсутність рухомих деталей гарантує надійність роботи. У таблиці 3.1 подана коротка порівняльна характеристика даних парогенераторів.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика парогенераторів

Основні технологічні показники	з вимушеною циркуляцією	з внутрішньою циркуляційною трубою	з винесеною зоною кипіння
Поверхня теплообміну, бали (1 – 4)	4	2	3
Інтенсивність теплообміну бали (1 – 4)	3	2	3
Температура середовищ, бали (1 – 4)	3	2	3
Надлишковий тиск у кожусі, бали (1 – 4)	3	2	4
Габаритні розміри, бали (4 – 1)	2	4	2
Маса апарата, бали (4 – 1)	2	4	3
Σ	17	16	18

Висновок: У результаті порівняння випарного апарату, що проектується, з аналогами було виявлено, що вибрана конструкція задовольняє необхідним вимогам, найпростіша при експлуатації та монтажі.

3.4 Патентне дослідження

Цей розділ передбачає пошук та порівняння патентних конструкцій з розробленим теплообмінним апаратом.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Випарний апарат та апарати, що мають спільну конструкцію та принцип дії, були обрані в якості предмету пошуку. Також було взято до уваги патенти, в яких були модернізовані корпус або деталі апарату з метою підвищення умов міцності та стійкості конструкції. В якості обмеження були встановлені такі країни: Україна, США.

Для порівняння було обрано патенти [6-10], що наведено нижче.

Випарний апарат [6], що зображений на рисунку 3.2, використовується в хімічній, фармацевтичній та харчовій галузях.

Переваги апарата:

- турбулізація плівки конденсатора;
- інтенсивний процес тепловіддачі.

Недоліки апарата:

- великі габарити апарату;
- складність монтажу.

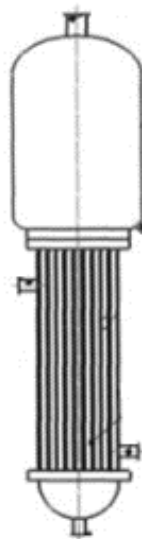


Рисунок 3.2 – Схема випарного апарату

Випарний апарат [7], схема якого подана на рисунку 3.3, використовується в харчовій галузі .

Переваги апарата:

- підвищення концентрації розчину;
- зменшення металомісткості апарату.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Недоліки апарата:

- складність виготовлення, монтажу та обслуговування;
- обмежена галузь застосування.



Рисунок 3.3 – Схема випарного апарату

Парогенератор з виносною камерою [8], схема якого подана на рисунку 3.4, використовується в хімічній, нафтовій, фармацевтичній та харчовій галузях .

Переваги апарата:

- спрощена конструкція;
- збільшення теплового потоку;
- збільшення продуктивності.

Недоліки апарата:

- складність монтажу та обслуговування.

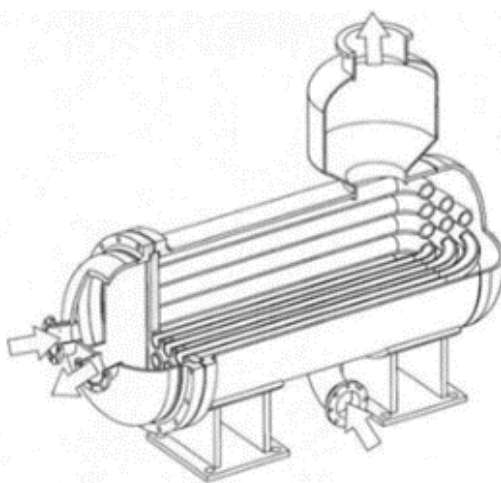


Рисунок 3.4 – Схема парогенератора

Випарний апарат [9], схема якого подана на рисунку 3.5, використовується

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

в хімічній та фармацевтичній галузях.

Переваги апарата:

- збільшення коефіцієнта теплопередачі;
- збільшення показника теплообміну;
- забезпечення рівномірного рівня середовища в апараті.

Недоліки апарата:

- виникнення застійних зон;
- неможливість виводу надлишкового концентрату.

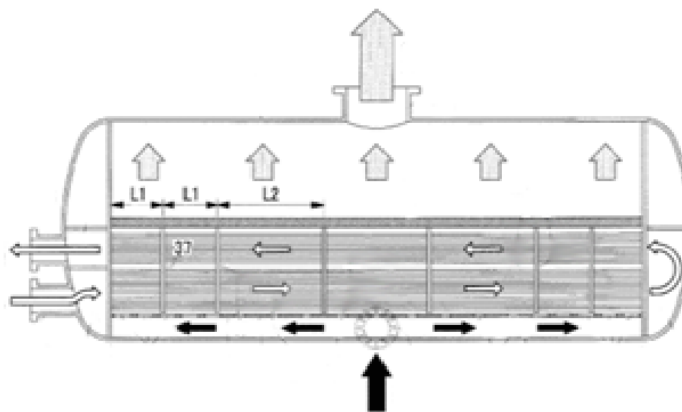


Рисунок 3.5 – Схема випарного апарату

Випарний апарат [10], схема якого подана на рисунку 3.6, використовується в хімічній, фармацевтичній та харчовій галузях.

Переваги апарата:

- ефективне випаровування розчину
- наявність перемішувального пристрою;
- легкість в обслуговуванні апарату.

Недоліки апарата:

- велика металоємність;
- великі затрати на електроенергію.

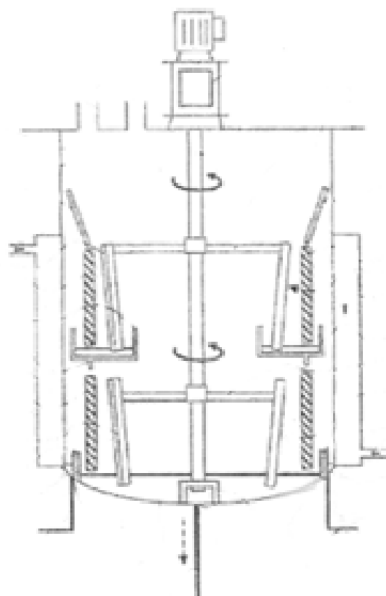


Рисунок 3.6 – Схема парогенератора

Результати пошуку наведені в додатку А.

Висновок: патентний пошук встановив, що основними напрямками вдосконалень є збільшення ефективності роботи та спрощення конструкції апаратів. Розроблена модель не використовує попередні ідеї інших досліджень, апарат є патентно чистим.

4 Охорона праці

Охорона праці – невід’ємна частина на кожному виробництві, що зумовлена питаннями безпеки праці, запобігання причин травматизму, попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій тощо.

Тема диплому: Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію.

При роботі оператора на робочому місці вибираємо параметри $S=40 \text{ м}^2$; $V=100 \text{ м}^3$.

Існують такі шкідливі і небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони ;
- виробничий шум;
- електробезпека;
- промислове освітлення;
- пожежна та вибухонебезпека.

Повітря робочої зони

Робота операторів на даній установці відносимо до категорії Пб (категорія середньої важкості) з умовою перенесення невеликих вантажів до 10 кг.

Встановлюємо оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні, що вказані в таблиці 4.1.

В холодний період використовувати водяне опалення, в теплий – вентиляцію.

Параметри повітря робочої зони відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

Електробезпека

У зв’язку з тим, що установка має випарний апарат, приміщення відносимо до особливо небезпечних, згідно з правилами устрою електроустановок (ПУЕ).

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря

Сезон року	Категорія робіт – ПБ					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич
Холодний	17–19	15–21	40–60	75	0,2	0,4
Теплий	20–22	15–27	40–60	70	0,3	0,2–0,5

Для живлення елементів установки використовуємо трифазну напругу 220/380 В з частотою 50 Гц та ізольованою нейтраллю [11]. Схема заземлення вказана на рисунку 4.1.

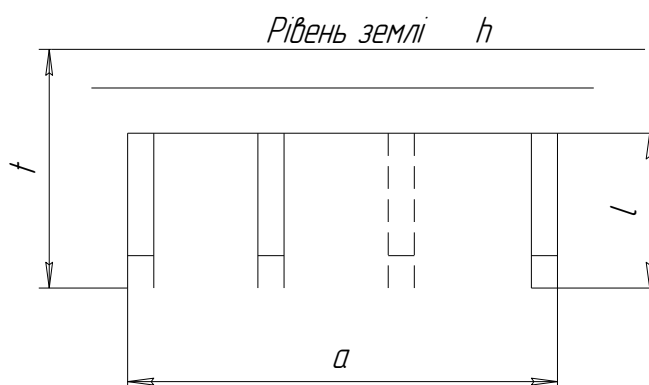


Рисунок 4.1. Схема заземлення

Причини враження електричним струмом:

- помилкове включення установки;
- випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть опинитися під напругою;
- випадку короткого замикання.

Для забезпечення безпеки робіт виконуємо наступні заходи:

- рубильники включення установки повинні знаходитися у спеціальній шафі;

- передбачити спеціальне захисне відключення всієї установки у випадку ураження людини напругою;
- проводку проводити в захисних металевих рукавах ;
- на панель керування вивести сигнальні лампи індикації включення електроустаткування;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, повинні мати затискачі для підключення заземлення;

Опір електроізоляції $R_{\text{загал}} = 4 \text{ Ом}$

Заземлення установки та заходи електробезпеки виконати відповідно до ГОСТ 12.1.030-61 та ГОСТ 14254-80 відповідно.

Освітлення

Освітленість на робочому місці повинна відповідати гігієнічним нормам. Використовується як природне, так і штучне освітлення.

Природне освітлення використовується бокове, а для штучного освітлення приміщень використовуємо люмінесцентні лампи типу ЛД-40, які мають велику світло віддачу $\Phi=2200$ люмен, великий строк служби або лампи розжарювання. Загальна освітленість складає $E_{\Phi}=2500 \text{ лк}$

Робота з обслуговування обладнання відноситься до загального спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора має освітленість робочої зони $E_{\text{нор}}=150 \text{ лк}$.

Обираємо загальну кількість ламп для приміщення 20

Вибір освітлення узгоджено з ДБНВ 2.5-28.2006.

Виробничий шум

Джерелами шуму на установці є:

- транспортери;
- електродвигуни;

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- елеватори;
- електронасоси
- вентилятори;
- виробничий шум.

Рівень звукового тиску для постійних робочих місць при працюючій установці $L = 90$ дБА.

Рівні звукового тиску знижуємо за допомогою встановлених на установці захисних кожухів і шумозахисних екранів.

Індивідуальний захист працівників здійснюється за допомогою протишумових навушників ПШН – Б та протишумових вкладишів «Беруши СТ – 1».

Таким чином, рівень звукового тиску знижено до 70 дБА.

Заходи захисту від виробничого шуму виконані згідно з ДСН 3.3.6.037–99.

Пожежна та вибухобезпека

Нітрат амонію сприяє загорянню інших речовин, вибухонебезпечне. У вогні виділяє токсичні пари (або газу). Нагрівання може привести до сильного горіння або вибуху. Розкладається при температурі 210 °С Температура плавлення: 170 °С

Стійкість будинку за СНІП 2.01.02-85 відповідає степені вогнестійкості II.

Згідно ПУЕ клас зони установки 2.

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільше ймовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці,
- порушення технологічного процесу в установці.

Запобігання загорання забезпечується такими мірами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки
- організація агітації по протипожежній безпеці та її активне розповсюдження;
- встановлення системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасіння.

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при вимкнутому електроустаткуванні застосовувати порошкові вогнегасники типу САМ-9 , що призначені для ліквідації горіння газоподібних речовин. При необхідності використовувати пожежний інвентар (ящики з піском, бочки з водою, протипожежні ковдри, відра, лопати) та пожежні інструменти (гаки, сокири)

У місці, де розташовується установка, встановити пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів і на відстані 30 метрів один від одного

В якості індивідуального захисту використовуємо: Распиратор Клен ГП – КД та окуляри хімічного захисту типу SE1110

Розробити й ознайомити з працівниками план евакуаційного шляху, розповсюдити його в усіх приміщеннях виробництва. Також виконувати тренувальних заходи евакуації з метою зниження травматизму та фатальних випадків під час загрози. Ширина прорізу двері в приміщеннях для еваковиходу – 2 метри. Двері еваковиходу повинні відкриватись назовні.

Протипожежна безпека відповідає вимогам СНіП 2.01.02-85.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

5.1 Параметричний розрахунок

Метою розрахунку є визначення площі поверхні теплообміну, а також основних розмірів (діаметр кожуха і довжина труб гріючої камери) випарного апарата з винесеною зоною кипіння для концентрування $G_{\text{п}} = 28800$ кг/год (8 кг/с) водного розчину нітрату амонію від початкової концентрації $x_{\text{п}} = 40\%$ до кінцевої $x_{\text{к}} = 97\%$.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

Вихідні дані:

Приймемо для трубного простору індекс '1', а для міжтрубного простору індекс '2'.

Витрата нітрату амонію $G_{\text{п}}$, кг/с	8;
початкова концентрація нітрату амонію $x_{\text{п}}$, %	40;
кінцева концентрація нітрату амонію $x_{\text{к}}$, %	97;
тиск насиченої водяної пари $p_{\text{г.п.}}$, МПа	0,157;
абсолютний тиск у паровому просторі випарного апарата $p_{\text{б.к.}}$, МПа	0,0196;
температура розчину, який надходить до установки t_0 , °C	20;
температура розчину, що надходить до випарного апарата t_1 , °C	60;
початкова температура охолоджуючої води t , °C	12.

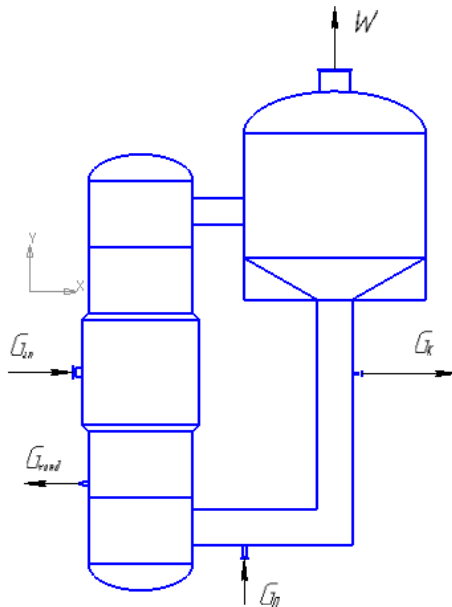


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема руху потоків у випарному апараті.

Розрахунок ведеться за методикою [12].

Матеріальний баланс.

Кількість випареної води визначається за формулою:

$$W = G_{\text{п}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{п}}}{x_{\text{к}}}\right) = 8 \cdot \left(1 - \frac{40}{97}\right) = 4,701 \text{ кг/с.}$$

Кількість упареного розчину:

$$G_{\text{к}} = G_{\text{п}} - W = 8 - 4,701 = 3,299 \text{ кг/с.}$$

Тепловий розрахунок.

Визначення температури кипіння розчину.

Температура вторинної пари, що надходить з випарного апарата у барометричний конденсатор при $p=0,0196$ МПа, дорівнює $59,7$ °С.

На підставі практичних рекомендацій приймаємо гідравлічну депресію $\Delta'''=1$ °С. Тоді температура вторинної пари у випарному апараті дорівнює:

$$t'_{\text{п}} = 59,7 + 1 = 60,7 \text{ °С.}$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Цій температурі відповідає тиск $p_n'=0,0207$ МПа, теплота пароутворення $r=2355,54$ кДж/кг.

Гідростатичну депресію Δ "визначаємо наступним чином:

Визначаємо висоту оптимального рівня розчину у кип'ятильних трубах.

Для вибору значення висоти труби H орієнтовно визначається площа поверхні теплопередачі випарного апарату F_{op} . При кипінні водних розчинів солей питоме навантаження для апаратів розчинів солей питоме навантаження для апаратів із природною циркуляцією $q=20000 - 50000$ Вт/м². Приймаємо $q=30000$ Вт/м². Тоді:

$$F_{op} = W \cdot \frac{r}{q_1} = 4,7 \cdot \left(\frac{2355,54 \cdot 10^3}{30000} \right) = 369,116 \text{ м}^2.$$

За ГОСТ 11987–81 приймаємо випарний апарат із наступними характеристиками: поверхня теплообміну $F = 400$ м²; довжина труб $L = 5$ м; діаметр труб 38×2 мм; крок між трубами мм; матеріал труб – Х18Н10Т.

Орієнтовно приймаємо температуру кипіння розчину в апараті $t_{кип} \approx 182,5^\circ\text{C}$.
Отже,

$$h_{op} = (0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_p - \rho_v)) \cdot 5 = (0,26 + 0,0014 \cdot (1380,57 - 886,9)) = 4,756 \text{ м},$$

де $\rho_p = 1380,57$ та $\rho_v = 886,9$ кг/м³ щільність розчину та воді відповідно за $^\circ\text{C}$.

Підвищення тиску у середньому шарі розчину:

$$\Delta p_r = \rho_p \cdot g \cdot \frac{h_{op}}{2} = 1380,57 \cdot 9,81 \cdot \frac{4,756}{2} = 3,22 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Таким чином, тиск у середньому шарі кип'ятильних труб:

$$p_{cp} = p'_p + \Delta p_r = 0,0207 \cdot 10^6 + 3,22 \cdot 10^4 = 5,29 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Цьому тиску відповідає температура кипіння води $t=82,72$ $^\circ\text{C}$ та теплота пароутворення $r=2324,99$ кДж/кг.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, гідростатична депресія дорівнює:

$$\Delta'' = 82,72 + t'_p = 82,72 + 60,7 = 143,42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температурна депресія визначається за формулою:

$$\Delta' = 16,2 \cdot (273 + t_k)^2 \cdot \frac{\Delta_{\text{атм}}}{r} = 16,2 \cdot (273 + 82,72)^2 \cdot \frac{82,5}{2324,99 \cdot 10^3} = 72,739 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $\Delta_{\text{атм}}=82,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температурна депресія 80% розчину за атмосферного тиску.

Температура кипіння розчину:

$$t_p = 59,7 + \Delta' + \Delta'' + 1 = 59,7 + 72,739 + 143,42 + 1 = 276,859 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Корисна різниця температур:

$$\Delta_{\text{кор}} = T - r_p = 291,859 - 276,859 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Витрата гріючої пари $G_{\text{г.п.}}$ визначаємо з рівняння теплового балансу,

$$\begin{aligned} G_{\text{г.п.}} &= \frac{W \cdot i + G_k \cdot c_k \cdot t_p - G_{\text{п}} \cdot 60 \cdot c_p}{0,95 \cdot r_{\text{г.п.}}} = \\ &= \frac{4,7 \cdot 2607 \cdot 10^3 + 3,299 \cdot 2618,1 \cdot 276,859 - 8 \cdot 60 \cdot 3192}{0,95 \cdot 2227 \cdot 10^3} = 6,199 \text{ кг/с} \end{aligned}$$

де $i=2607 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія вторинної пари; $c_{\text{п}}=3192 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ – питома теплоємність 10% розчину;

$c_k=2618,1 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ – питома теплоємність упареного розчину; $r_{\text{г.п.}}=2227 \text{ кДж/кг}$ – питома теплота пароутворення води при $p_{\text{г.п.}}=0,157 \text{ МПа}$; 0,95 – коефіцієнт, який враховує 5% втрат теплоти.

Теплове навантаження гріючої камери:

$$Q = G_{\text{г.п.}} \cdot r_{\text{г.п.}} = 6,199 \cdot 2227 \cdot 10^3 = 1,38 \cdot 10^7 \text{ Вт}.$$

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.

Кількість труб гріючої камери визначається за формулою:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot L} = \frac{400}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 5} = 670,466 \text{ шт.}$$

Щільність стікання конденсату по зовнішній поверхні труб визначається за формулою:

$$\Gamma = \frac{G_{\text{г.п.}}}{n \cdot \pi \cdot d} = \frac{6,199}{670,466 \cdot 3,14 \cdot 0,038} = 0,077 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}.$$

Критерій $Re_{\text{пл}}$ для плівки конденсату визначається за формулою:

$$Re_{\text{пл}} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu_{\text{к}}} = \frac{4 \cdot 0,077}{0,094 \cdot 10^{-3}} = 3,297 \cdot 10^3$$

де $\mu=0,094 \cdot 10^{-3}$ Па·с – динамічний коефіцієнт в'язкості води за температури конденсації $t=291,859$ °С.

Приведена товщина плівки:

$$\delta_{\text{пл}} = \left(\frac{\mu_{\text{к}}^2}{\rho_{\text{к}}^2 \cdot g} \right)^{0,33} = \left(\frac{(0,094 \cdot 10^{-3})^2}{732,1^2 \cdot 9,81} \right)^{0,33} = 1,332 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Тут $\rho_{\text{к}}=732,1$ кг/м³ – щільність води при температурі конденсації $t=291,859$ °С.

Так як $Re_{\text{пл}} > 400$, тоді значення $Nu_{\text{пл}}$ визначаємо за формулою:

$$Nu_{\text{пл}} = \frac{Re_{\text{пл}}}{\left(\frac{6,25 \cdot (Re_{\text{пл}} - 400)}{Pr^{0,33}} \right) + 1580} = \frac{3,297 \cdot 10^3}{\left(\frac{6,25 \cdot (3,297 \cdot 10^3 - 400)}{0,7^{0,33}} \right) + 1580} = 0,15$$

де $Pr=0,7$ – критерій Прандтля для води за температури $t=291,859$ °С.

Коефіцієнт теплопередачі α_1 від водяної пари, що конденсується, до стінок труб:

$$\alpha_1 = Nu_{\text{пл}} \cdot \frac{0,685}{\delta_{\text{пл}}} = 0,15 \cdot \frac{0,685}{1,332 \cdot 10^{-5}} = 7,727 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі α_2 від стінки до киплячого розчину визначаємо у середньому шарі розчину.

Константи розчину за температури кипіння: $\rho=0,38 \text{ кг/м}^3$; $\mu=206,55 \cdot 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\lambda=0,1254 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $c=2,409 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$; $\sigma=71 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

Властивості водяної пари при $p=0,039 \text{ МПа}$: $r=2,325 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$; $p_{\text{п}}=0,38 \text{ кг/м}^3$.

Щільність водяної пари при $p=0,1 \text{ МПа}$ $\rho_0=0,579 \text{ кг/м}^3$. Отже,

$$\alpha_2 = 780 \cdot \frac{\lambda^{1,3} \cdot \rho_{\text{к}}^{0,5} \cdot \rho_{\text{п}}^{0,06} \cdot q^{0,6}}{\sigma^{0,5} \cdot r^{0,6} \cdot \rho_0^{0,68} \cdot c^{0,3} \cdot \mu^{0,3}} =$$

$$780 \cdot \frac{0,1254^{1,3} \cdot 1434,2^{0,5} \cdot 0,38^{0,06} \cdot q^{0,6}}{(71 \cdot 10^{-3})^{0,5} \cdot (2,325 \cdot 10^3)^{0,6} \cdot 0,579^{0,68} \cdot (2,409 \cdot 10^3)^{0,3} \cdot (206,55 \cdot 10^{-7})^{0,3}} =$$

$$= 239,772 \cdot q^{0,6} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{тр}}}{\lambda_{\text{тр}}} + \frac{1}{r_{31}} + \frac{1}{r_{32}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{7,727 \cdot 10^3} + \frac{1,332 \cdot 10^{-5}}{16,4} + \frac{1}{5000} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{239,772 \cdot q^{0,6}}} =$$

$$\frac{1}{(0,624 \cdot 10^{-3} + 0,00417 / q^{0,6})} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

де $\delta_{\text{тр}}=0,002 \text{ м}$ – товщина стінки труб; $\lambda_{\text{тр}}=16,4 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності сталі ;

$1/r_{31}=5000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – теплова провідність забруднень зі сторони розчину;

$1/r_{32}=5800 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – теплова провідність забруднень зі сторони пари.

Питома теплове напруження

$$q = \Delta t_{\text{пол}} \cdot K = \frac{\Delta t_{\text{пол}}}{(0,624 \cdot 10^{-3} + 0,00417 / q^{0,6})} \text{ Вт/м}^2.$$

звідси

$$q = 2,367 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \Delta t_{\text{пол}} \cdot q = 15 \cdot 2,367 \cdot 10^4 = 3,551 \cdot 10^5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Необхідна площа поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{1,38 \cdot 10^7}{2,367 \cdot 10^4} = 583,193 \text{ м}^2.$$

По ГОСТ 11987–81 вибираємо номінальну поверхню теплообміну $F_{\text{н}}=630\text{м}^2$.

Так як розрахована площа поверхні теплообміну значно відрізняється від орієнтовно визначеної раніше величини $F_{\text{ор}}$, виконаємо повторно розрахунок по визначенню коефіцієнту K , виходячи з розрахованої площі поверхні теплообміну. У результаті розрахунку отримаємо: кількість труб гріючої камери $n=1056$ шт; щільність стікання конденсату по зовнішній поверхні $\Gamma=0,049 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$; критерій $Nu_{\text{пл}}=0,155$; коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_1=7,985 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; коефіцієнт теплопередачі $K=1/(0,624 \cdot 10^{-3} + 1/(239,772 \cdot q^{0,6})) \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Корисній різниці температур $\Delta t_{\text{пол}}=0,067 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідає питоме теплове навантаження $q=2,383 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \Delta t_{\text{пол}} \cdot q = 15 \cdot 2,383 \cdot 10^4 = 3,574 \cdot 10^5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Необхідна площа поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{1,38 \cdot 10^7}{2,383 \cdot 10^4} = 579,312 \text{ м}^2.$$

По ГОСТ 11987–81 вибираємо номінальну поверхню теплообміну $F_{\text{н}}=630\text{м}^2$.

5.2 Конструктивний розрахунок

Мета конструктивного розрахунку: визначення основних геометричних розмірів апарата.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

Площа поверхні теплообміну F , м ²	630;
Загальна кількість труб n , шт	1056;
Відстань між трубами T , мм	48;
Внутрішній діаметр труб $d_{\text{вн}}$, мм	34.

Схема руху потоків вказана на рисунку 5.2.

Внутрішній діаметр грійної камери при розміщенні труб по вершинам рівнобічних трикутників:

$$D_{\kappa} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,866 \cdot n \cdot 0,048^2}{\pi \cdot 0,85}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,866 \cdot 1056 \cdot 0,048^2}{3,14 \cdot 0,85}} = 1,777 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_{\kappa} = 2 \text{ м.}$

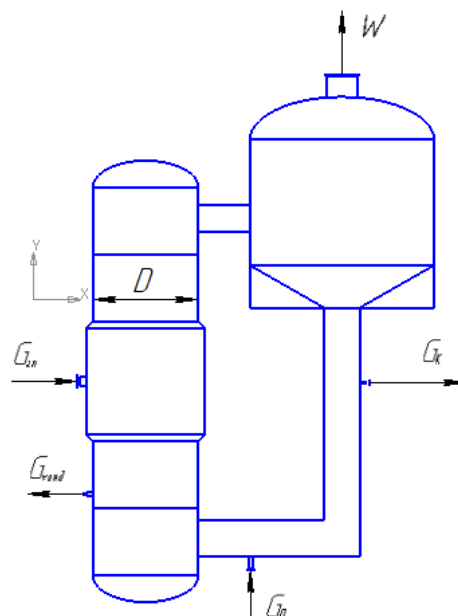


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема руху потоків у випарному апараті.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Внутрішній діаметр циркуляційної труби розраховуємо за формулою:

$$D_y = \sqrt{0,45 \cdot n \cdot d_{\text{вн}}^2} = \sqrt{0,45 \cdot 1056 \cdot 0,034^2} = 0,741 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_{\text{ц}}=0,8$ м.

Розрахунок діаметра обичайки сепаратора.

Допустиме напруження парового простору:

$$W' = f_1 \cdot f_2 \cdot W'_{\text{атм}} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1000 = 850 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год}).$$

Тут 0,85 – коефіцієнт, який залежить від тиску у апараті; 1,0 – коефіцієнт, який залежить від рівня розчину над точкою вводу паро-рідинної суміші у паровий простір; $W'_{\text{атм}}=1000 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ – допустиме напруження парового простору при $p=0,1$ МПа для розчинів солей [12].

Розрахунок теплових втрат через циркуляційну трубу.

Швидкість рідини у циркуляційній трубі:

$$\omega_{\text{н}} = \frac{W}{\frac{\pi d_{\text{с}}^2}{4}} = \frac{4,7}{\frac{3,14 \cdot 1400^2}{4}} = 1,9 \text{ м/с.}$$

Швидкість рідини у циркуляційній трубі нового виконання:

$$\omega_{\text{і}} = \frac{W}{\frac{\pi d_{\text{і}}^2}{4}} = \frac{4,7}{\frac{3,14 \cdot 1200^2}{4}} = 2,6 \text{ м/с.}$$

Поверхня теплообміну циркуляційної труби:

$$F_{\text{н}} = l_{\text{од}} \cdot d_{\text{с}} \cdot \pi = 7,822 \cdot 1,400 \cdot 3,14 = 34,39 \text{ м}^2.$$

Поверхня теплообміну циркуляційної труби нового виконання:

$$F_{\text{і}} = l_{\text{од}} \cdot d_{\text{і}} \cdot \pi = 7,822 \cdot 1,200 \cdot 3,14 = 29,47 \text{ м}^2.$$

Втрати теплоти через циркуляційну трубу:

$$Q_{\text{с}} = K \cdot F_{\text{н}} \cdot \Delta T = 3,511 \cdot 10^5 \cdot 34,39 \cdot 261,6 = 31586,44 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

Втрати теплоти через циркуляційну трубу після покращення:

$$Q_{\text{і}} = K \cdot F_{\text{і}} \cdot \Delta T = 3,511 \cdot 10^5 \cdot 29,47 \cdot 261,6 = 27067,53 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

Зменшення втрат теплоти через циркуляційну трубу завдяки покращенню:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q = \left(\frac{Q_c - Q_i}{Q_c} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{31586,44 \cdot 10^5 - 27076,53 \cdot 10^5}{31586,44 \cdot 10^5} \right) \cdot 100\% = 14,28\%.$$

Об'єм сепаратора:

$$V_c = \frac{W \cdot 3600}{W'} = \frac{4,701 \cdot 3600}{850} = 19,91 \text{ м}^3.$$

Допустима швидкість пари у сепараторі $\omega = 4,4 \text{ м/с}$.

Діаметр обичайки сепаратора:

$$D_c = \sqrt{W \cdot \frac{v_n}{w \cdot 0,785}} = \sqrt{4,701 \cdot \frac{7,977}{4,4 \cdot 0,785}} = 3,295 \text{ м},$$

де $v_n = 7,977 \text{ м}^3/\text{кг}$ – питомий об'єм пари за $p = 0,0196 \text{ МПа}$.

Приймаємо по $D_c = 3,4 \text{ м}$.

Уточнює швидкість пари в сепараторі:

$$w_n = \sqrt{W \cdot \frac{v_n}{0,785 \cdot D_c^2}} = \sqrt{4,701 \cdot \frac{7,977}{0,785 \cdot 3,295^2}} = 2,033 \text{ м/с}.$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = w_n \cdot d_k \cdot \frac{\rho_n}{\mu_n} = 2,033 \cdot 0,0006 \cdot \frac{0,128}{12 \cdot 10^{-6}} = 13,01,$$

де $d_k = 0,0006 \text{ м}$ – діаметр краплі; $\rho_n = 0,128 \text{ кг/м}^3$ – щільність пари при $p = 0,0196 \text{ МПа}$; $\mu_n = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – в'язкість пари при $p = 0,0196 \text{ МПа}$.

Так як $Re < 500$, коефіцієнт опору ξ розраховуємо за формулою:

$$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} = \frac{18,5}{13,01^{0,6}} = 3,968$$

Швидкість витання краплі:

$$w_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_n) \cdot d_k}{3 \cdot \xi \cdot \rho_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \cdot (1380,57 - 0,128) \cdot 0,0006}{3 \cdot 3,968 \cdot 0,128}} = 4,618 \text{ м/с}.$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Як можемо бачити, швидкість руху пари у паровому просторі менше швидкості витання краплі.

Висота парового простору:

$$H_c = \sqrt{\frac{V_c}{0,785 \cdot D_c^2}} = \sqrt{\frac{19,91}{0,785 \cdot 0,741^2}} = 1,481 \text{ м.}$$

Розраховані розміри випарного апарату відповідають вимогам ГОСТ 11987–81.

Діаметр вхідної труби $D_{вх}$, по якій паро-рідинна суміш надходить до гріючої камери у сепаратор визначається відношенням із співвідношення $D_c = (3,5 - 4)D_{вх}$.
Таким чином,

$$D_{вх} = \frac{D_c}{4} = \frac{0,741}{4} = 0,185 \text{ мм.}$$

5.3 Визначення розмірів штуцерів

Метою розрахунку є вибір стандартних штуцерів за тиском і діаметром умовного проходу.

Розрахункова схема штуцера зображена на рисунку 5.2.

Вхідні дані:

Витрати водяного розчину нітрату амонію із початковою 8
концентрацією 40% $G_{п}$, кг/с

Кількість упареного розчину з кінцевою концентрацією 97% $G_{к}$, кг/с 3,299

Кількість випареної води W кг/с 4,701

Витрати гріючої пари $G_{г.п}$ кг/с 6,187

Густина розчину нітрату амонію на вході в апарат ρ_1 , кг/м³ 1380,57

Густина концентрованого розчину нітрату амонію ρ_2 , кг/м³ 1434,2

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Густина водяної пари на виході з апарата ρ_3 , кг/м ³	0,579
Густина водяної пари на вході в апарат ρ_4 , кг/м ³	39,60
Густина конденсату ρ_k , кг/м ³	732,1
Рекомендована швидкість рідини у штуцері w_p , м/с	2
Рекомендована швидкість пари у штуцері $w_{п}$, м/с	15

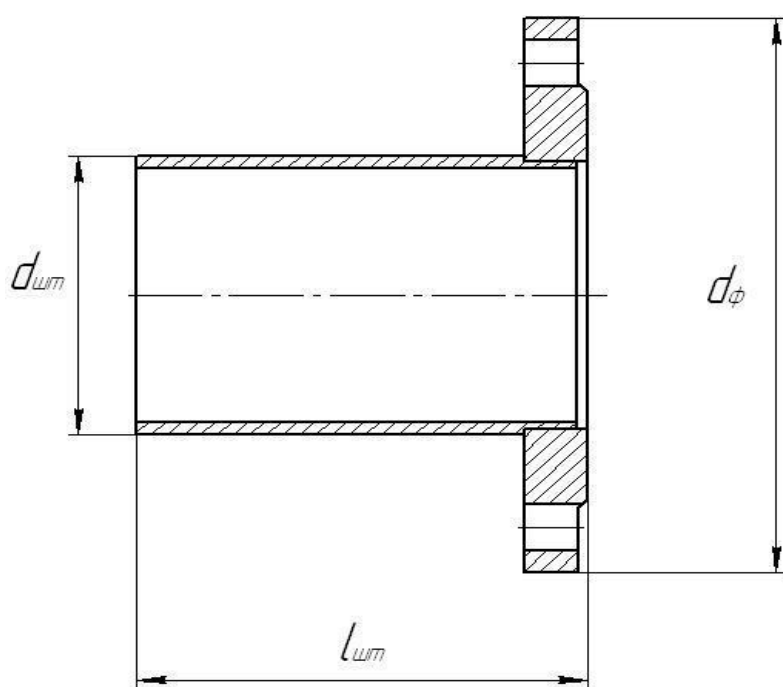


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема штуцера

Властивості рідин та розчинів за [14]. Методику розрахунку ведемо згідно [3].

Діаметр штуцера для входу початкового розчину нітрату амонію:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{п}}{\pi \cdot \rho_1 \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8}{3,14 \cdot 1380,57 \cdot 2}} = 0,061 \text{ м.}$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де ω - рекомендована швидкість розчину нітрату амонію, $\omega = 2$ м/с ;

Обираємо стандартний штуцер з параметрами: $d_1=150\text{мм}$; $H=155\text{мм}$; $S=6\text{мм}$.

Тоді дійсна швидкість руху в штуцерах:

$$\omega_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot d_1^2 \cdot \rho_1} = \frac{4 \cdot 8}{3,14 \cdot 0,061^2 \cdot 1380,57} = 0,121 \text{ м/с.}$$

Діаметр штуцера для виходу концентрованого розчину нітрату амонію:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_k}{\pi \cdot \rho_2 \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,299}{3,14 \cdot 1434,2 \cdot 2}} = 0,038 \text{ м.}$$

Обираємо стандартний штуцер з параметрами: $d_2=40\text{мм}$; $H=155\text{мм}$; $S=5\text{мм}$.

Дійсна швидкість руху в штуцерах:

$$\omega_2 = \frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot d_2^2 \cdot \rho_2} = \frac{4 \cdot 3,299}{3,14 \cdot 0,038^2 \cdot 1434,2} = 0,077 \text{ м/с.}$$

Діаметр штуцера для виходу вторинної пари:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \rho_3 \cdot \omega_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,701}{3,14 \cdot 0,579 \cdot 15}} = 0,83 \text{ м.}$$

де ω - рекомендована швидкість для пари, $\omega = 15$ м/с ;

Обираємо стандартний штуцер з параметрами: $d_3=800\text{мм}$; $H=650\text{мм}$; $S=8\text{мм}$.

Тоді дійсна швидкість руху в штуцерах:

$$\omega_3 = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \rho_3} = \frac{4 \cdot 4,701}{3,14 \cdot 0,83^2 \cdot 0,579} = 12,452 \text{ м/с.}$$

Діаметр штуцера для входу пари:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot \rho_4 \cdot \omega_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,187}{3,14 \cdot 39,60 \cdot 15}} = 0,115 \text{ м.}$$

де ω - рекомендована швидкість пари, $\omega = 15 \text{ м/с}$;

Обираємо стандартний штуцер з параметрами: $d_4 = 150 \text{ мм}$; $H = 155 \text{ мм}$; $S = 6 \text{ мм}$.

Тоді дійсна швидкість руху в штуцерах:

$$\omega_4 = \frac{4 \cdot G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot d_4^2 \cdot \rho_4} = \frac{4 \cdot 6,187}{3,14 \cdot 0,115^2 \cdot 39,60} = 1,727 \text{ м/с.}$$

Діаметр штуцера для виходу конденсату:

$$d_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot \rho_{\text{к}} \cdot \omega_{\text{р}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,187}{3,14 \cdot 732,1 \cdot 2}} = 0,073 \text{ м.}$$

де ω - рекомендована швидкість для рідини, $\omega = 2 \text{ м/с}$;

Обираємо стандартний штуцер з параметрами: $d_5 = 40 \text{ мм}$; $H = 155 \text{ мм}$; $S = 5 \text{ мм}$.

Тоді дійсна швидкість руху в штуцерах:

$$\omega_5 = \frac{4 \cdot G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot d_5^2 \cdot \rho_{\text{к}}} = \frac{4 \cdot 6,187}{3,14 \cdot 0,073^2 \cdot 732,1} = 0,147 \text{ м/с.}$$

Висновок: було розраховано та прийнято стандартні розміри штуцерів для входу і виходу розчину нітрату амонію, для входу та для виходу пари, виходу конденсату та дійсні швидкості руху в штуцерах.

5.4 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки

Метою даного розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки і перевірка її на міцність.

На рисунку 5.3 зображена схема розрахунку.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

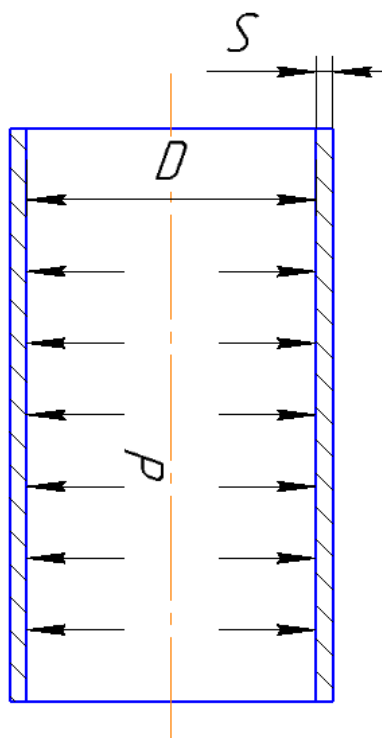


Рисунок 5.3 – Схема товщини стінки обичайки

Вихідні дані:

Тиск всередині апарата P , МПа	1,2;
внутрішній діаметр апарата D_z , м	1,8;
допустиме напруження для матеріалу обичайки (сталь 08X18H10T) $[\sigma]$, МПа	140.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [15] та передбачає розрахунок товщини обичайки лише від дії внутрішнього тиску.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Номінальна товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S' = \frac{D_{\zeta} \cdot P}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\phi} - P},$$

де φ_{ϕ} - коефіцієнт міцності зварних швів.

Приймаємо $S' = 5$ мм – рекомендована мінімальна товщина стінки для даного діаметра [16].

Виконавча товщина стінки посудини, мм:

$$S = S' + \tilde{n}_1 + c_2 + c_3,$$

де C_1 - прибавка на компенсацію корозії та ерозії;

C_2 - прибавка на компенсацію мінусового допуску до товщини листа;

C_3 – технологічна прибавка.

Допустимий тиск в обичайці, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\phi} \cdot (S - c)}{D_{\zeta} + (S - c)}.$$

Результати розрахунку:

$[P] = 1,254$ МПа;

$S' = 0,0086$ м;

$S = 6$ мм.

Блок-схема та програма розрахунку наведені в додатку Б.

Приймаємо стандартну товщину стінки $S = 10$ мм.

Перевіряємо умову міцності:

$$p \leq [p],$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1,2 \text{ МПа} \leq 1,254 \text{ МПа}.$$

Висновок: Враховуючи, що умови застосування формул виконуються, а допустимий внутрішній надлишковий тиск більший за розрахунковий, то приймаємо товщину стінки $S = 0,01 \text{ м}$.

5.5 Розрахунок еліптичного днища під дією внутрішнього надлишкового тиску

Метою даного розрахунку є визначення товщини кришки та перевірка виконання умови міцності.

Схема до розрахунку еліптичної кришки приведена на рисунку 5.4.

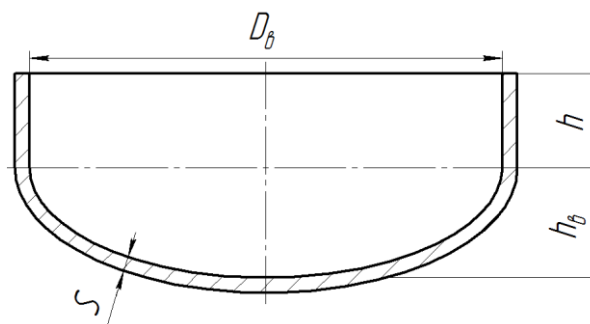


Рисунок 5.4 - Схема до розрахунку еліптичної кришки

Вихідні дані:

Тиск всередині апарата P , МПа	1,2;
внутрішній діаметр апарата D_v , м	1,8;
допустиме напруження для матеріалу обичайки (сталь 08X18H10T) $[\sigma]$, МПа	140.

Методику розрахунку ведемо згідно [17].

Товщина стінки еліптичної кришки:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$S' = \frac{D_{\text{в}} \cdot P}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\text{ш}} - 0.5 \cdot P} = \frac{1,8 \cdot 1,2}{2 \cdot 140 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 7,5} = 0,00859 \text{ м.}$$

Приймаємо $S_R = 5$ мм – рекомендована мінімальна товщина стінки для даного діаметра [17, табл. 15.3].

Виконавча товщина стінки еліптичної кришки:

$$S = S' + c = 5 + 1 = 6 \text{ мм.}$$

Вибираємо стандартну товщину еліптичного днища $S=10$.

Обчислюємо висоту еліптичної частини днища та радіус кривизни при вершині днища:

$$H = 0.25 \cdot D = 0.25 \cdot 1.8 = 0.45 \text{ м.}$$

Допустимий тиск в еліптичній кришці:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\text{ш}} \cdot (S - c)}{D_{\text{в}} + (S - c)} = \frac{2 \cdot 140 \cdot (10 - 1) \cdot 10^{-3}}{1,8 + (10 - 1) \cdot 10^{-3}} = 1,254 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p \leq [p],$$

$$1,2 \text{ МПа} \leq 1,254 \text{ МПа.}$$

Вибираємо днище: $D_{\text{в}} = 1800 \text{ мм}, h_{\text{в}} = 62 \text{ мм}, h = 25 \text{ мм.}$

Висновки: Умова виконується, міцність забезпечена.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6 Товщина стінки циліндричної обичайки винесеної грійної камери випарника, що працює за атмосферного тиску

Метою даного розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки і перевірка її на міцність.

Вихідні дані:

внутрішній діаметр D , м	5;
висота секції випарної камери H , м	2,5;
розрахункова температура стінки t , °C	289
прибавка до розрахункової товщини стінки s , мм	1
тиск у кожусі (розрахунковий) $p_{p.r.}$, МПа	0,1

Розрахунок ведеться за методикою [17].

Розрахунковий зовнішній тиск $p_{н.р.} = p_{p.r.} = 0,1$ МПа. Розрахункова товщина циліндричної обичайки секції $l_p \approx H$, тому що майже повністю заходиться під кожухом ($l_p = 2500$ мм).

Модуль пружності сталі 08X18H10T при $t = +20$ °C та $t = 289$ °C $E_{20} = 2 \cdot 10^5$ МПа та $E = 1,9 \cdot 10^5$ МПа відповідно.

Допустиме напруження:

У робочому стані

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1 \cdot 123 \text{ МПа}$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При гідравлічному випробуванні $[\sigma]_e = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{240}{1,1} = 218,182 \text{ МПа}$, де $\eta=1$, так як матеріал корпусу – листовий прокат; $\sigma^* = 123 \text{ МПа}$ – нормативно допустиме напруження для сталі 08Х18Н10Т при $t = 289 \text{ }^\circ\text{C}$; $\sigma_{T20} = 240 \text{ МПа}$ – межа текучості сталі 08Х18Н10Т при $+20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт запасу стійкості: у робочому стані $n_p = 2,4$; при випробуванні $n_i = 1,8$.

Розрахункова та виконавча товщина стінки секції випарної камери у першому наближенні відповідно:

$$S_R = \max \left\{ \begin{aligned} K_2 \cdot D \cdot 10^{-2} &= 0,28 \cdot 5000 \cdot 10^{-2} = 14 \\ 1,1 \cdot p_{H.R.} \cdot D / (2 \cdot [\sigma]) &= 1,1 \cdot 0,1 \cdot 5000 / (2 \cdot 123) = 2,236 \end{aligned} \right\} = 14 \text{ мм};$$

$$S = S_R + c = 14 + 1 = 15 \text{ мм},$$

де $K_2 = 0,28$ – за номограмою при:

$$K_1 = \frac{n_p \cdot p_{H.R.}}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = \frac{2,4 \cdot 0,1}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,526;$$

$$K_3 = \frac{l_p}{D} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{5000} = 0,5 \text{ та}$$

$$\frac{10^3 \cdot [\sigma]}{E} = \frac{10^3 \cdot 123}{1,9 \cdot 10^5} = 0,647.$$

Допустимий тиск з умови міцності згідно формули:

в робочому стані

$$[p_n]_\sigma = 2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c) / (D + S - c) = 2 \cdot 123 \cdot (15 - 1) / (5000 + 15 - 1) = 0,687 \text{ МПа};$$

при випробуванні

$$[p_n]_{\sigma H} = 2 \cdot [\sigma]_e \cdot (S - c) / (D + S - c) = 2 \cdot 218,182 \cdot (15 - 1) / (5000 + 15 - 1) = 1,218 \text{ МПа}.$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме напруження з умови стійкості в межах пружності при $l_p < l_0$ ($l_p = 2500$ мм; $l_0 = 8,15 \cdot D \cdot \sqrt{D / (100 \cdot (S - c))} = 8,15 \cdot 5000 \cdot \sqrt{5000 / (100 \cdot (15 - 1))} = 7,701 \cdot 10^4$ мм) у відповідності з формулою:

у робочому стані

$$[p_n]_E = \frac{20,8 \cdot 10^6 \cdot E}{n_p} \cdot \frac{D}{l_p} \cdot \left(\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}} =$$

$$\frac{20,8 \cdot 10^6 \cdot 1,9 \cdot 10^5}{2,4} \cdot \frac{5000}{2500} \cdot \left(\frac{100 \cdot (15 - 1)}{5000} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (15 - 1)}{5000}} = 0,137 \text{ МПа};$$

при випробуванні

$$[p_n]_{E\sigma} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E_{20}}{n_\sigma} \cdot \frac{D}{l_p} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right]^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}} =$$

$$\frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,8} \cdot \frac{5000}{2500} \cdot \left[\frac{100 \cdot (15 - 1)}{5000} \right]^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (15 - 1)}{5000}} = 0,192 \text{ МПа}.$$

Допустимий зовнішній тиск із урахуванням обох умов:

у робочому стані

$$[p_n] = \frac{[p_n]_\sigma}{\sqrt{1 + ([p_n]_\sigma / [p_n]_E)^2}} = \frac{0,687}{\sqrt{1 + (0,687 / 0,137)^2}} = 0,134 \text{ МПа};$$

при випробуванні

$$[p_n]_\sigma = \frac{[p_n]_{\sigma\sigma}}{\sqrt{1 + ([p_n]_{\sigma\sigma} / [p_n]_{E\sigma})^2}} = \frac{1,218}{\sqrt{1 + (1,218 / 0,192)^2}} = 0,189 \text{ МПа}.$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях

$$p_n = 1,25 \cdot p_{н.р.} \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,25 \cdot 0,1 \cdot 184 / 123 = 0,187 \text{ МПа},$$

де $[\sigma]_{20} = 184$ МПа – для сталі 08Х18Н10Т при 20 °С.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова стійкості циліндричної обичайки секції випарника товщиною $S=15$ мм виконується для робочого стану: $p_{H.R.} < [p_n]$ ($0,1 \text{ МПа} < 0,134 \text{ МПа}$) та при випробуванні: $p_n < [p_n]_i$ ($0,187 \text{ МПа} < 0,189 \text{ МПа}$).

Таким чином, $S = 4$ мм слід вважати виконавчій товщиною стінки.

5.7 Фланці

Метою розрахунку є вибір та перевірочний розрахунок фланців для забезпечення з'єднання корпусу апарата з розподільною камерою, а також герметичність з'єднання.

Схема фланцевого з'єднання наведена на рисунку 5.5.

Розрахунок проводимо згідно методики наведеної в [18], складена згідно норм за ОСТ 26-373-78 і передбачає визначення навантажень на кріпильні деталі, обчислення напружень у кріпильних деталях і порівняння їх з допустимими, знаходження напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців та порівняння їх з допустимими та перевірку фланців на жорсткість за умовою герметичності.

Вибір стандартних фланців здійснюємо згідно із [18].

Попередній геометричний розрахунок:

Вихідні дані:

Геометричні параметри фланця:

внутрішній діаметр, D , м	1,8;
діаметр фланця, D_f , м	1,93;
діаметр болтового кола, D_b , м	1,890;

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

товщина фланця, $h_{ф1}$, м	0,060;
товщина фланця, $h_{ф2}$, м	0,055;
параметри прокладки	
зовнішній діаметр прокладки, $D_{п}$, м	1,846;
ширина прокладки, b , м	0,0155;
товщина прокладки, h , м	0,003;
матеріал прокладки	Пароніт ГОСТ 28759-90;
допустиме питоме навантаження, q , МПа	130;
коефіцієнт, m	2,5;
модуль пружності матеріалу прокладки, $E_{пр}^t$, МПа	2000;
матеріал фланців	08X18H10T;
допустиме напруження, $[\sigma]_{ф}^{20}$, МПа	140;
допустиме напруження, $[\sigma]_{ф}^{298}$, МПа	100;
модуль пружності, $E_{ф}^t$, МПа	$1,9 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення, $\alpha_{ф}^t$, K^{-1}	$1,72 \cdot 10^{-5}$;
внутрішній тиск, $P_{тр}$, МПа	0,1;
кількість болтів, $z_{б}$	68;
діаметр різьби шпильок, $d_{б}$, м	0,022;
внутрішній діаметр, $d_{0б}$, м	0,02038;

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал болтів

сталь 35Х

ГОСТ 28759-90;

мінімальне питоме навантаження, q_b , МПа

20;

допустиме напруження, $[\sigma]_b^{20}$, МПа

230;

допустиме напруження, $[\sigma]_b^{298}$, МПа

220;

модуль пружності, E_b^t , МПа

$1,75 \cdot 10^5$;

коефіцієнт відносного лінійного розширення, α_b^t ,
 K^{-1}

$1,72 \cdot 10^{-5}$.

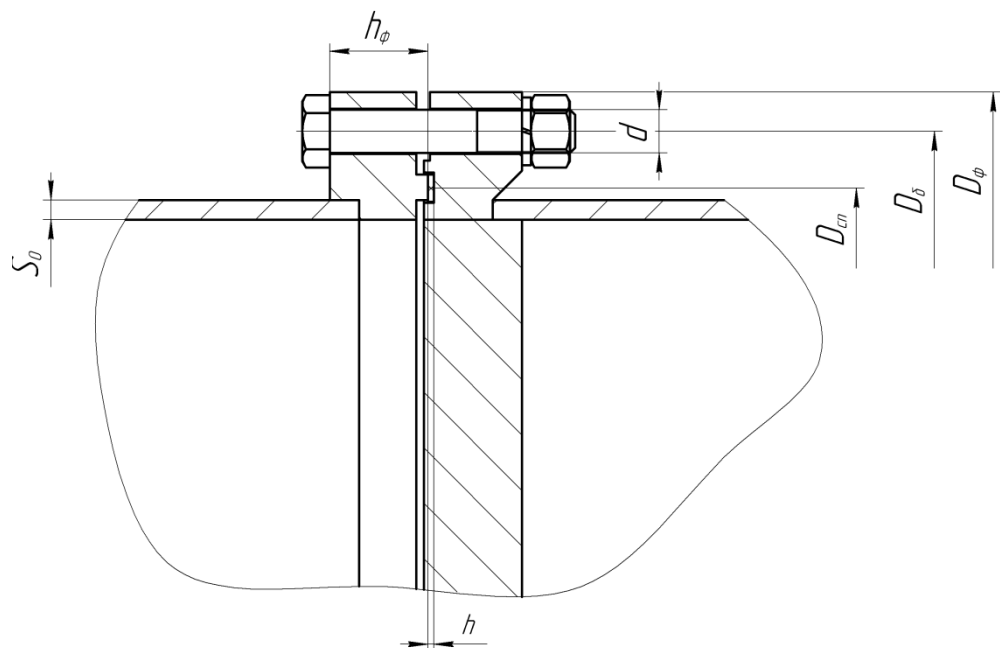


Рисунок 5.5 – Схема фланцевого з'єднання

Враховуючи розрахований діаметр апарата та тиск в ньому вибираємо стандартний фланець згідно ГОСТ 28759-90 і знаючи його геометричні параметри, а також механічні властивості матеріалу фланців та матеріалу болтів запишемо початкові дані для перевірного розрахунку фланцевого з'єднання:

Далі опишемо результати розрахунків, що містять елементи порядку

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

розрахунку.

Для перевірного розрахунку фланцевих з'єднань скористаємось алгоритмом запропонованим авторами [18], згідно з яким проводяться розрахунок наступних величин:

Розрахунок допоміжних величин:

Відношення більшої товщини втулки до меншої:

$$\beta = 1$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 1,846 - 0,0155 = 1,83 \text{ м,}$$

де $D_{\text{п}}$ - зовнішній діаметр прокладки, м;

b - ширина прокладки, м.

Оскільки $b \leq 0,015 \text{ м}$, то ефективна ширина прокладки:

$$b_{\text{е}} = 0,06 \cdot \sqrt{b} = 0,06 \cdot \sqrt{0,0155} = 0,00747 \text{ м.}$$

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{1,93}{1,8} = 1,072,$$

де D_{ϕ} - зовнішній діаметр фланця;

D - умовний внутрішній діаметр фланця.

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_o}} = \frac{0,060}{\sqrt{1,8 \cdot 0,014}} = 0,378,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_o}} = \frac{0,055}{\sqrt{1,8 \cdot 0,014}} = 0,346,$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $h_{\Phi 1}, h_{\Phi 2}$ - товщини фланців, м;

S_o – товщина стінки апарата, $S_o = 0,014$ м.

Поправкові коефіцієнти для фланців:

$$\psi_{1\Phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\Phi} = 1,28 \cdot \lg 1,072 = 0,039,$$

$$\psi_{2\Phi} = \frac{K_{\Phi} + 1}{K_{\Phi} - 1} = \frac{1,072 + 1}{1,072 - 1} = 28,692,$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\Phi 1} = \frac{h_{\Phi 1}}{S_o} = \frac{0,060}{0,014} = 4,286,$$

$$j_{\Phi 2} = \frac{h_{\Phi 2}}{S_o} = \frac{0,055}{0,014} = 3,929.$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$T_{\Phi} = \frac{K_{\Phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg K_{\Phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\Phi}^2) \cdot (K_{\Phi} - 1)} = \frac{1,072^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg 1,072) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,072^2)(1,072 - 1)} = 1,885,$$

$$\omega_{\Phi 1} = \left(1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\Phi} \cdot j_{\Phi 1}^2)\right)^{-1} = (1 + 0,9 \cdot 0,378 \cdot (1 + 0,039 \cdot 4,286^2))^{-1} = 0,632,$$

$$\omega_{\Phi 2} = \left(1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\Phi} \cdot j_{\Phi 2}^2)\right)^{-1} = (1 + 0,9 \cdot 0,346 \cdot (1 + 0,039 \cdot 3,929^2))^{-1} = 0,667$$

Кутова піддатливість фланців:

$$y_{\Phi 1} = \frac{(1 - \omega_{\Phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 1})) \cdot \psi_{2\Phi}}{h_{\Phi 1}^3 \cdot E_{\Phi 1}} = \frac{(1 - 0,632 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,378)) \cdot 28,692}{0,06^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} =$$
$$= 0,107 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}},$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_{\phi 2} = \frac{(1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})) \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}} = \frac{(1 - 0,667 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,346)) \cdot 28,692}{0,055^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} =$$

$$= 0,113 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}},$$

де $E_{\phi 1}$ і $E_{\phi 2}$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу фланців, Па.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання:

$$L_{\text{б}} = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_{\text{б}} = 0,06 + 0,055 + 0,003 + 0,28 \cdot 0,022 = 0,124 \text{ м},$$

де h - товщина прокладки, м;

$d_{\text{б}}$ - зовнішній діаметр різьби болтів, м.

Лінійна піддатливість прокладки:

$$y_{\text{п}} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b \cdot E_{\text{п}}} = \frac{0,003}{3,14 \cdot 1,83 \cdot 0,0155 \cdot 2000} = 1,684 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}},$$

де $E_{\text{п}}$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу прокладки, Па.

Площа поперечного перерізу болта:

$$f_{\text{б}} = 0,785 \cdot d_0^2 = 0,785 \cdot 0,02038^2 = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

де d_0 - внутрішній діаметр різьби болтів, м.

Лінійна піддатливість болтів:

$$y_{\text{б}} = \frac{L_{\text{б}}}{E_{\text{б}} \cdot f_{\text{б}} \cdot z_{\text{б}}} = \frac{0,124}{1,75 \cdot 10^5 \cdot 3,26 \cdot 10^{-4} \cdot 68} = 3,2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}},$$

де $E_{\text{б}}$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу болтів, Па.

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{\phi} = \left(y_{\Pi} + y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}})^2 \right)^{-1} =$$

$$= (1,684 \cdot 10^{-5} + 3,2 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,107 + 0,113) \cdot (1,89 - 1,83)^2)^{-1} = 4106 \frac{\text{МН}}{\text{м}}.$$

Параметр жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_{\text{Б}} - D - S_0) = 0,107 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,014) = 0,008133 \frac{1}{\text{МН}},$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_{\text{Б}} - D - S_0) = 0,113 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,014) = 0,008589 \frac{1}{\text{МН}}.$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_{\text{Б}} = 4106 \cdot 3,2 \cdot 10^{-5} = 0,131.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot \left(y_{\text{Б}} + 0,25 (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}}) \right) =$$

$$= 4106 \cdot (3,2 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,008133 + 0,008589) \cdot (1,89 - 1,83)) = 1,153.$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_{\text{г}} = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 1,83^2 \cdot 0,1 = 0,254 \text{ МН},$$

де p - внутрішній надлишковий тиск в апараті.

Реакція прокладки в робочих умовах:

$$R_{\Pi} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{Е}} \cdot m \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,83 \cdot 0,00747 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,021 \text{ МН}.$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{t\phi} = \gamma \cdot z_B \cdot f_B \cdot E_B (\alpha_{\phi}' \cdot t_{\phi} - \alpha_B' \cdot t_B) = \\ = 0,131 \cdot 68 \cdot 3,26 \cdot 10^{-4} \cdot 1,75 \cdot 10^5 \cdot (1,72 \cdot 10^{-5} \cdot 289,046 - \\ - 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot 280,375) = 0,076 \text{ Н},$$

де α_{ϕ}' і α_B' - коефіцієнти відносного лінійного розширення відповідно матеріалу фланця і болтів, $1/\text{К}$; t_{ϕ} і t_B - температури відповідно фланця і болтів, К .

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 1,83 \cdot 0,00747 \cdot 20 = 0,859 \text{ МН};$$

$$P''_{B1} = \alpha_{\phi} \cdot (Q_g + P) + R_{\text{п}} = 1,153 \cdot (0,254 + 0,1) + 0,021 = 0,429 \text{ МН};$$

$$P'''_{B1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 230 \cdot 68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 1,47 \text{ МН},$$

де q - мінімальний тиск на прокладку, який забезпечує герметичність з'єднання,
 $q = 20 \text{ МПа}$;

$[\sigma_B]^{20}$ - границя міцності матеріалу болтів при температурі 20°C ,
 $[\sigma_B]^{20} = 230 \text{ МПа}$.

Розрахункове навантаження на болти:

Оскільки $p \leq 0,6 \text{ МПа}$, то

$$P_{B1} = \max(P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}) = \max(0,859; 0,429; 1,47) = 1,47 \text{ МН}.$$

Умова міцності прокладки:

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b} \leq [q].$$

$$\frac{1,47}{3,14 \cdot 1,83 \cdot 0,0155} = 16,492 \leq 130,$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $[q]$ - допустиме питоме навантаження зминання прокладки, $[q] = 130$ МПа.

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов:

$$P_{Б2} = P_{Б1} + (1 - \alpha_{\Phi}) \cdot (Q_g + P) + Q_{r\Phi} = \\ = 1,47 + (1 - 1,153) \cdot (0,254 + 0,1) + 0,076 = 1,492 \text{ МН}$$

Розрахункове навантаження на болти:

$$P_{Б\Phi} = \max(P_{Б1}; P_{Б2}) = \max(1,47; 1,492) = 1,492 \text{ МН}.$$

Напруження розтягання в болтах за умов монтажу:

$$\sigma_{Б}^{20} = \frac{P_{Б1}}{z_{Б} \cdot f_{Б}} = \frac{1,47}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 91,99 \text{ МПа}.$$

Напруження розтягання в болтах за робочих умов:

$$\sigma_{Б}^t = \frac{P_{Б2}}{z_{Б} \cdot f_{Б}} = \frac{1,492}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 93,368 \text{ МПа}.$$

Крутний момент, що виникає від розтягування гайок:

$$M_{скр} = f_1 \cdot \frac{P_{Б\Phi}}{z_{Б}} \cdot d_{Б} = 0,1 \cdot \frac{1,492}{68} \cdot 0,022 = 4,827 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м},$$

де f_1 - коефіцієнт тертя, $f_1 = 0,1$.

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_{Б} = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_0^3} = \frac{4,827 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,02038^3} = 28,513 \text{ МПа}.$$

Еквівалентні напруження в болтах:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{\text{Б}}^2} = \sqrt{91,99^2 + 3 \cdot 28,513^2} = 104,408 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{\text{Б}}^2} = \sqrt{93,368^2 + 3 \cdot 28,513^2} = 105,624 \text{ МПа}.$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} \leq [\sigma_{\text{Б}}]^{20},$$

$$104,408 \text{ МПа} \leq 230 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t \leq [\sigma_{\text{Б}}]^t,$$

$$105,624 \text{ МПа} \leq 222 \text{ МПа}.$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу:

$$M_{01\Phi} = 0,5 \cdot P_{\text{Б1}} \cdot (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}}) = 0,5 \cdot 1,47 \cdot (1,89 - 1,83) = 0,044 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за робочих умов:

$$\begin{aligned} M_{02\Phi} &= 0,5 \cdot (P_{\text{Б2}} (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}}) + Q_g (D_{\text{сп}} - D - S_0)) \frac{[\sigma_{\Phi}]^{20}}{[\sigma_{\Phi}]^t} = \\ &= 0,5 \cdot (1,492 \cdot (1,89 - 1,83) + 0,254 \cdot (1,83 - 1,8 - 0,01)) \frac{184}{140} = 0,062 \text{ МН} \cdot \text{м}, \end{aligned}$$

$$\text{де } \frac{[\sigma_{\Phi}]^{20}}{[\sigma_{\Phi}]^t} = \max \left(\frac{[\sigma_{\Phi 1}]^{20}}{[\sigma_{\Phi 1}]^t}; \frac{[\sigma_{\Phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\Phi 2}]^t} \right) = \max \left(\frac{184}{140}; \frac{184}{140} \right) = \frac{184}{140},$$

$[\sigma_{\Phi 1}]^{20}$ і $[\sigma_{\Phi 2}]^{20}$ - допустимі напруження матеріалу фланців при температурі 293°К, МПа;

$[\sigma_{\Phi 1}]^t$, $[\sigma_{\Phi 2}]^t$ - допустимі напруження матеріалу фланців при робочій температурі, МПа.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця :

$$M_{o\Phi} = \max(M_{o1}; M_{o2}) = \max(0,044; 0,062) = 0,062 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Максимальні напруження в перерізі S_0 фланців від дії згинаючого моменту $M_{o\Phi}$:

$$\sigma_{o\Phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T_{\Phi} \cdot M_{o\Phi} \cdot \omega_{\Phi 1}}{D \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,062 \cdot 0,632}{1,8 \cdot (0,014 - 0,001)^2} = 242,784 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{o\Phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T_{\Phi} \cdot M_{o\Phi} \cdot \omega_{\Phi 2}}{D \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,062 \cdot 0,667}{1,4 \cdot (0,012 - 0,001)^2} = 256,393 \text{ МПа},$$

де ψ_3 - коефіцієнт поправки для перерізу S_0 , $\psi_3 = 1$.

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{o\Phi}$:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{к}\Phi 1} &= \frac{M_{o\Phi} \cdot (1 - \omega_{\Phi 1} (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 1})) \cdot \psi_{2\Phi}}{D \cdot h_{\Phi 1}^2} = \\ &= \frac{0,062 \cdot (1 - 0,632 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,378)) \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,06^2} = 42,019 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{к}\Phi 2} &= \frac{M_{o\Phi} \cdot (1 - \omega_{\Phi 2} (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 2})) \cdot \psi_{2\Phi}}{D \cdot h_{\Phi 2}^2} = \\ &= \frac{0,062 \cdot (1 - 0,667 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,346)) \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,055^2} = 40,677 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

Кільцеве та меридіональне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску p :

$$\sigma_{x\Phi 1} = \sigma_{x\Phi 2} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 1,8}{2 \cdot (0,014 - 0,001)} = 6,923 \text{ МПа};$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{y\Phi 1} = \sigma_{y\Phi 2} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 1,8}{4 \cdot (0,014 - 0,001)} = 3,462 \text{ МПа} .$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців :

$$\begin{aligned} \sigma_{E\Phi 1} &= \sqrt{(\sigma_{o\Phi 1} + \sigma_{y\Phi 1})^2 + \sigma_{x\Phi 1}^2 - (\sigma_{o\Phi 1} + \sigma_{y\Phi 1}) \cdot \sigma_{x\Phi 1}} = \\ &= \sqrt{(242,784 + 3,462)^2 + 6,923^2 - (242,784 + 3,462) \cdot 6,923} = 242,858 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{E\Phi 2} &= \sqrt{(\sigma_{o\Phi 2} + \sigma_{y\Phi 2})^2 + \sigma_{x\Phi 2}^2 - (\sigma_{o\Phi 2} + \sigma_{y\Phi 2}) \cdot \sigma_{x\Phi 2}} = \\ &= \sqrt{(256,393 + 3,462)^2 + 6,923^2 - (256,393 + 3,462) \cdot 6,923} = 256,463 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Умови міцності:

$$\sigma_{E\Phi 1} \leq [\sigma_{\Phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi ; .$$

$$242,858 \leq (570 \cdot 0,9 = 513);$$

$$\sigma_{E\Phi 2} \leq [\sigma_{\Phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi ; .$$

$$256,463 \leq (570 \cdot 0,9 = 513) ,$$

де $[\sigma_{\Phi 1}^{S_o}]$, $[\sigma_{\Phi 2}^{S_o}]$ - допустимі напруження матеріалу фланця у перерізі S_o ,

$$[\sigma_{\Phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\Phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\Phi}^t = 0,003 \cdot 1,9 \cdot 10^5 = 570 \text{ МПа}$$

φ - коефіцієнт міцності зварних швів, $\varphi = 0,9$.

Умови міцності виконуються.

Умови герметичності:

При $D \leq 2 \text{ м}$ $[\theta] = 0,009 \text{ рад}$

$$\frac{\sigma_{K\Phi 1} \cdot D}{h_{\Phi 1} \cdot E_{\Phi 1}} \leq [\theta]; .$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{42,019 \cdot 1,8}{0,06 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,007203 \leq 0,009;$$

$$\frac{\sigma_{\text{кф2}} \cdot D}{h_{\text{ф2}} \cdot E_{\text{ф2}}} \leq [\theta];,$$

$$\frac{40,677}{0,055 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,007607 \leq 0,009.$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: Приймаємо стандартні плоскі приварні у стик фланці з такими параметрами:

Внутрішній діаметр, D , м	1,9;
діаметр фланця, $D_{\text{ф}}$, м	1,93;
діаметр болтового кола, $D_{\text{б}}$, м	1,89;
товщина фланця 1, $h_{\text{ф1}}$, м	0,060;
товщина фланця 2, $h_{\text{ф2}}$, м	0,055;
матеріал фланця 08X18H10T.	

5.8 Розрахунок опор випарного апарата

Метою розрахунку опор випарного апарата є вибір необхідного типу опор та перевірка умови несучої спроможності вибраних опор.

Розрахункова схема вказана на рисунку 5.6.

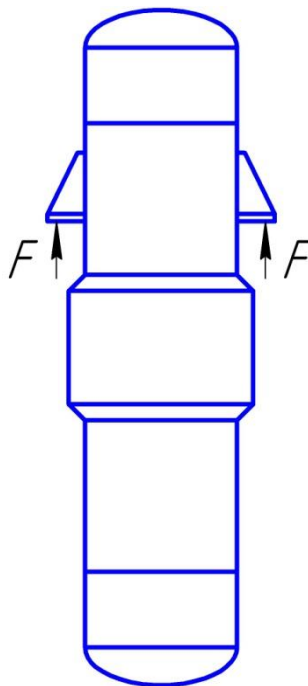


Рисунок 5.6. – Розрахункова схема опор випарного апарата.

Розрахунок виконується за методикою [19].

Розрахунковий діаметр циліндричної обичайки D_R , м:

$$D_R = D_R^K = D$$

$$D_R = 1.8$$

Умова застосування формул:

$$\frac{(S - c)}{D} = \frac{(0,01 - 0,001)}{1,8} = 0,005.$$

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою або підкладним листом, e_1 , м:

$$e_1 = 5 \cdot \frac{l_1}{6} = 5 \cdot \frac{0,270}{6} = 0,225.$$

Загальні мембранні напруження для опор типу А σ_{my}^H , МПа:

$$\sigma_{my}^H = \frac{p \cdot D^4}{2 \cdot (S - c)} = \frac{0,1 \cdot 1,8^4}{2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 58,32.$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт K_2 :

$$K_2 = 1,2.$$

Коефіцієнт міцності зварного шва φ :

$$f = 0.065,$$

$$\sqrt{D_R \cdot S} = \sqrt{1,8 \cdot 0,001} = 0,134,$$

$$f < \sqrt{D_R \cdot S}, \quad \varphi = 1.$$

Перевірка несучої спроможності вузла приварки опорної лапи до циліндричної або конічної обичайки без підкладного листа.

Загальні мембранні напруження для опори типу А у циліндричній обичайці:

$$\bar{\sigma}_m = \bar{\sigma}_m^{\delta} = \bar{\sigma}_{my}^{\delta}, \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями ϑ_2 :

$$\vartheta_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{[\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{58,32}{123 \cdot 1} = 0,379.$$

Коефіцієнт, що відображує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину ϑ_1 :

$$\text{Оскільки } \vartheta_2 \geq 0, \text{ тому } \vartheta_1 = 0,3.$$

Коефіцієнт K_1 :

оскільки $\vartheta_1 = 0$, то:

$$\begin{aligned} (K_1 > 0) &= \frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \cdot \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 \cdot (1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) = \\ &= \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,379}{3 \cdot 0,379^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2 \cdot (1 - 0,379^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,379)^2} + 1} - 1 \right) = 0,88 \end{aligned}$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи $[\sigma_i]$, МПа:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,88 \cdot 123 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 135,224 \text{ МПа.}$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки u :

$$u = \ln \frac{D_R}{2 \cdot (S - c)} = \ln \frac{1,8}{2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 4,605 ;$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln \frac{0,5}{1,8} = -1,281 ;$$

$$y_1 = \ln \frac{b_4}{D_R} = \ln \frac{0,390}{1,8} = -1,529 .$$

Коефіцієнт K_7 для типу опори А:

$$\begin{aligned} \ln z = & (-5,964 - 11,395 \cdot u - 18,984 \cdot y - 2,413 \cdot u^2 - 7,286 \cdot u \cdot y - \\ & - 2,042 \cdot y^2 + 0,1322 \cdot u^3 + 0,483 \cdot u^2 \cdot y + 0,8469 \cdot u \cdot y^2 + 1,428 \cdot y^3) \cdot 10^{-2} = \\ & (-5,964 - 11,395 \cdot 4,605 - 18,984 \cdot (-1,281) - 2,413 \cdot 4,605^2 - 7,286 \cdot 4,605 \cdot (-1,281) - \\ & - 2,042 \cdot (-1,281)^2 + 0,1322 \cdot 4,605^3 + 0,483 \cdot 4,605^2 \cdot (-1,281) + 0,8469 \cdot 4,605 \cdot (-1,281)^2 + \\ & + 1,428 \cdot (-1,281)^3) \cdot 10^{-2} = -0,425 \end{aligned}$$

$$K_T = K_T^A = z = 0,654 .$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки без підкладного листа, для кількості опор $n = 4$, якщо відсутні гарантії рівномірного розподілу навантажень між опорними лапами, F_1 , МН:

$$F_1 = F_{1b}^{(4)} = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S)} = \frac{0,392}{2} + \frac{0}{1,8 + 2 \cdot (0,225 + 0,01)} = 0,196 \text{ МН.}$$

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки без підкладного листа, $[F]_1$, МН:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - c)^2}{K_T \cdot e_1} = \frac{135,224 \cdot 0,5 \cdot (0,01 - 0,001)^2}{0,88 \cdot 0,225} = 0,037 \text{ МН.}$$

Умова несучої спроможності опорного вузла без підкладного листа:

$$F_1 < [F_1],$$

$$0,196 < 0,037 \text{ — умова не виконується.}$$

Перевірка несучої спроможності (міцності) опорного вузла з підкладним листом.

Умова застосування розрахункових формул при наявності підкладного листа:

$$\frac{(S - c)}{D_R} \leq 0,05,$$

$$\frac{(0,01 - 0,001)}{0,8} = 0,005 \leq 0,05 \text{ — умова виконується;}$$

$$g \geq 0,2 \cdot h_1$$

$$0,288 \geq 0,2 \cdot 0,005 = 0,1 \text{ — умова виконується;}$$

$$b_2 \geq 0,6 \cdot b_3,$$

$$0,5 \geq 0,6 \cdot 0,65 = 0,39 \text{ — умова виконується;}$$

$$b_3 \leq 1,5 \cdot h_1,$$

$$0,65 \leq 1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ — умова виконується;}$$

$$S_2 = 0,01 \geq S = 0,01 \text{ — умова виконується.}$$

Загальні мембранні напруження опор в циліндричній обичайці σ_m , МПа:

$$\bar{\sigma}_m = \bar{\sigma}_m^y = \bar{\sigma}_{my}^y = 58,32 \text{ МПа.}$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт ν_2^n :

$$\vartheta_2^n = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{[\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{58,32}{123 \cdot 1} = 0,379.$$

Коефіцієнт ν_1^n :

Оскільки $\vartheta_2^n \geq 0$, тому $\vartheta_1^n = 0,4$.

Коефіцієнт K_1^n :

оскільки $\vartheta_1^n = 0$, то:

$$(K_1^n > 0) = \frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1^n \cdot \vartheta_2^n}{3 \cdot \vartheta_1^{n^2}} \cdot \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^{n^2} \cdot (1 - \vartheta_2^{n^2})}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1^n \cdot \vartheta_2^n)^2} + 1} - 1 \right) =$$
$$\frac{1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,379}{3 \cdot 0,379^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,4^2 \cdot (1 - 0,379^2)}{(1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,379)^2} + 1} - 1 \right) = 0,782$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи $[\sigma_i]^n$, МПа:

$$[\sigma_i^n] = K_1^n \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,782 \cdot 123 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 120,187 \text{ МПа.}$$

Геометричний параметр конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки з підкладним листом y_2 :

$$y_2 = \ln \frac{b_3}{D_R} = \ln \frac{0,650}{1,8} = -1,019.$$

Коефіцієнт K_8 :

$$\ln \vartheta = (-49,919 - 39,119 \cdot u - 107,01 \cdot y_2 - 1,694 \cdot u^2 - 11,920 \cdot u \cdot y_2 - 39,276 \cdot y_2^2 +$$
$$+ 0,237 \cdot u^3 + 1,608 \cdot u^2 \cdot y_2 + 2,761 \cdot u \cdot y_2^2 - 3,854 \cdot y_2^3) \cdot 10^{-2} =$$
$$= (-49,919 - 39,119 \cdot (-1,281) - 107,01 \cdot (-1,019) - 1,694 \cdot (-1,281)^2 - 11,920 \cdot (-1,281) \cdot (-1,019) -$$
$$- 39,276 \cdot (-1,019)^2 + 0,237 \cdot (-1,281)^3 + 1,608 \cdot (-1,281)^2 \cdot (-1,019) + 2,761 \cdot (-1,281) \cdot (-1,019)^2 - 3,854 \cdot (-1,019)^3) \cdot 10^{-2} =$$
$$= -1,362$$

$$K_8 = \min(\vartheta; z) = \min(0,256; 0,654) = 0,256.$$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зусилля, що діє на опору лапу, яка приварена до обичайки з підкладним листом, для кількості опор $n = 4$, при наявності гарантії рівномірного розподілу навантажень між опорними лапами F_1^n , МН:

$$F_1^n = F_{lb}^{n(4)} = \frac{G}{4} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S + S_2)} = \frac{0,392}{4} + \frac{0}{1,8 + 2 \cdot (0,225 + 0,01 + 0,01)} = 0,098 \text{ МН.}$$

Відношення b_2/b_3 :

$$\frac{b_2}{b_3} = 0,769.$$

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки з підкладним листом $[F]_1^n$, МН:

Оскільки $0,769 \geq 0,6$, тоді

$$[F]_1^n = \frac{[\sigma_i]^n \cdot b_3 \cdot (S - c)^2}{K_8 \cdot (e_1 + S_2)} = \frac{120,187 \cdot 0,650 \cdot (0,01 - 0,001)^2}{0,256 \cdot (0,225 + 0,01)} = 0,105 \text{ МН.}$$

Умова несучої спроможності опорного вузла підкладним листом:

$$F_1^n \leq [F]_1^n,$$

$$0,098 \leq 0,105.$$

Умова несучої спроможності виконується.

5.9 Розрахунок теплової ізоляції

Мета розрахунку: розрахувати та визначити товщину ізоляції корпуса і днища апарату.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

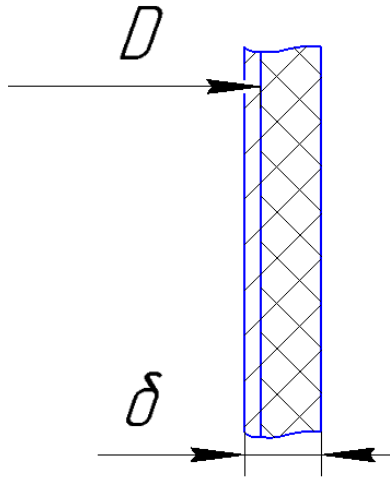


Рисунок 5.7– Схема ізоляції

Вихідні дані:

Температура навколишнього середовища $t_c, ^\circ\text{C}$,	20;
температура в корпусі $t_k, ^\circ\text{C}$	289,046;
температура в днищі $t_d, ^\circ\text{C}$	289,046;
зовнішній діаметр корпусу d , м	1,800;
матеріал ізоляції	скляне штапельне волокно.

Розрахунок ведемо за методикою [20].

Середня температура теплоізоляційного шару корпуса апарата:

$$t_{шк} = \frac{(t_k + 40)}{2} = \frac{(289,046 + 40)}{2} = 164,523 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції:

$$\lambda_{k1} = 0,042 + 0,0028 \cdot t_{шк} = 0,042 + 0,0028 \cdot 164,523 = 0,088 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Опір теплопередачі на один метр довжини теплоізоляційної конструкції:

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$r_1 = \frac{t_k - t_e}{q_1 \cdot K_1} = \frac{289,046 - 20}{516 \cdot 1} = 0,521 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де q_1 – нормована лінійна щільність теплового потоку з одного метра довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції, $q_1 = 516 \text{ Вт/м}^2$,

K_1 – коефіцієнт, який враховує зміну вартості теплоти й теплоізоляційної конструкції, $K_1 = 1$.

Відношення зовнішнього діаметра ізоляційного шару до зовнішнього діаметра ізоляційного об'єкта:

$$B = \exp \left(2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\kappa 1} \cdot \left[r_1 - r_m - \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot (d + 0,1)} \right] \right) =$$

$$= \exp \left(2 \cdot 3,14 \cdot 0,088 \cdot \left[0,521 - 0 - \frac{1}{12 \cdot 3,14 \cdot (1,8 + 0,1)} \right] \right) = 1,327,$$

де α_e – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляційної конструкції до оточуючого середовища, $\alpha_e = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$,

r_m – термічний лінійний опір, $r_m = 0$.

Попередньо товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\kappa 1} = \frac{d}{2} \cdot (B - 1) = \frac{1,8}{2} \cdot (1,327 - 1) = 0,295 \text{ м.}$$

Тоді товщина теплоізоляційного шару

$$\delta_{\kappa} = \delta_{\kappa 1} \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_{\kappa 1}}{d + 2 \cdot \delta_{\kappa 1}} = 0,295 \cdot 1,6 \cdot \frac{d + 0,295}{d + 2 \cdot 0,295} = 0,413 \text{ м,}$$

де K_c – коефіцієнт ущільнення ізоляції, $K_c = 1,6$.

Приймаємо товщину ізоляції $\delta_{\kappa} = 0,4 \text{ м}$.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня температура теплоізоляційного шару днища апарата:

$$t_{\text{шд}} = \frac{(t_{\text{д}} + 40)}{2} = \frac{(274,046 + 40)}{2} = 157,023 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції

$$\lambda_{\text{д}} = 0,042 + 0,0028 \cdot t_{\text{шд}} = 0,042 + 0,0028 \cdot 157,023 = 0,086 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Опір теплопередачі на один метр довжини теплоізоляційної конструкції:

$$r_2 = \frac{t_{\text{д}} - t_{\text{с}}}{q_2 \cdot K_1} = \frac{274,046 - 20}{438 \cdot 1} = 0,58,$$

де q_2 – нормована лінійна щільність теплового потоку з одного метра довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції, $q_2 = 438 \text{ Вт/м}^2$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R = r_2 - \frac{1}{\alpha_e} - r_m = 0,58 - \frac{1}{12} - 0 = 0,497.$$

Попередньо товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{д1}} = \lambda_{\text{д}} \cdot R = 0,295 \cdot 0,086 = 0,025 \text{ м.}$$

Тоді товщина теплоізоляційного шару

$$\delta_{\text{д}} = \delta_{\text{д1}} \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_{\text{д1}}}{d + 2 \cdot \delta_{\text{д1}}} = 0,025 \cdot 1,6 \cdot \frac{1,800 + 0,025}{1,800 + 2 \cdot 0,025} = 0,04 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції $\delta_{\text{д}} = 0,04 \text{ м.}$

Висновок: товщини ізоляції складає для корпусу $\delta_{\text{к}} = 0,4 \text{ м}$ і днища $\delta_{\text{д}} = 0,04 \text{ м.}$

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів блоку атмосферної перегонки нафти

Рекомендації щодо монтажу обрано згідно з [21-22].

Випарні апарати поступають з заводу-виробника у більшості випадків у зібраному стані та встановлюються зазвичай на перекриттях другого поверху заводської будівлі. Якщо наявні при монтажі вантажопідіймальні засоби не достатні для підйому та установки випарного апарата в зібраному стані, його розбирають на основні частини.

Габаритні апарати поступають на монтажний майданчик у зібраному вигляді, негабаритні – у вигляді укрупнених вузлів.

Апарати з природною циркуляцією та винесеною гріючою камерою встановлюють наступним чином: гріючу камеру у зборі з нанесеною ізоляцією, сепаратор у зборі з циркуляційною трубою та нанесеною ізоляцією.

На гріючих камерах та сепараторах випарних апаратів заводом-виробником повинні бути передбачені спеціальні захватні пристрої для встановлення їх у проектне положення. В залежності від місця встановлення апаратів, їх габаритних розмірів та ваги підймання здійснюють з використанням механізмів та пристосувань, передбачених проектом виробництва робіт.

До корпусу апарата приварені діаметрально протилежні чотири лапи, якими випарний апарат встановлюється на опорну конструкцію. Опорні конструкції перед встановленням випарного апарата повинні бути перевірені по осях та висотним відміткам.

Монтаж випарного апарату починають з установки парової камери. Після установки парової камери за допомогою козлового (стрілового) крана на проектну відмітку виробляють вивірку її та закріплення до балок [21]. Під паровою камерою споруджують ліси до потрібної позначки. Нагорі камери на трубній решітці встановлюють огорожу. Потім козовим краном подають пакет труб на трубну решітку, заводять труби з подальшим розвальцюванням. Демонтують ліси і за

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

допомогою трактора С-100 на санях під камеру підводять нижнє днище, яке потім піднімають і встановлюють в проектне положення.

Закріплення заднього днища до парової камери виконують на болтах. Проводять укрупнюючу збірку камери випаровування та за допомогою козлового крана встановлюють в проектне положення. Після закінчення монтажу апарата проводять випробування на герметичність. Парову камеру та надсоковий простір випробовують гідравлічним способом тиском 0,45 МПа.

При складанні осі штуцерів циркуляційних труб повинні чітко збігатися, адже великий діаметр та велика жорсткість труб викличуть порушення при незбіжності осей штуцерів значне напруження в корпусі апарата та в самих трубах. При цьому допустима розбіжність осей штуцерів – 1 мм на 1 м відстані між штуцерами, але не більше 6 мм.

Фланцеві з'єднання ущільнюють попередньо промасленим та прографіченим пеньковим, азбестовим чи бавовняним шнуром чи пеньковим шнуром, покладеним на шар мастики зі свинцевого сурика товщиною 8 – 10 мм[22].

Встановлений апарат вивіряють на вертикальність за допомогою схилю чи рамного рівня, який встановлюють на механічно оброблені поверхні фланців, люків, бобишек. Допустиме відхилення по вертикалі не повинно перевищувати 2 мм на 1 м висоти. Штуцери, які призначені для під'єднання трубопроводів, також вивіряють. Спочатку випробовують міжтрубний простір підігрівача, а потім корпус апарата.

Після встановлення випарного апарата проводиться гідравлічне випробування його парової камери. Для цього на паровому штуцері ставлять заглушку, на штуцері, який відводить з парової камери газу, що не конденсуються, встановлюють вентиль чи кран для видалення з камери повітря при заповненні її водою. Наповнення водою проводять через штуцер для відводу з камери конденсату. До цього ж штуцера під'єднують гідравлічний насос для створення в камері необхідного тиску.

Після монтажу та його перевірки, апарат вводять в експлуатацію.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення і використання стандартів з метою упорядкування діяльності у визначеній області, економного використання ресурсів, дотримання вимог техніки безпеки, підвищення якості продукції і послуг, згідно з [24].

Об’єкти стандартизації – конкретна продукція, норми, вимоги, методи, терміни, позначення і т.д., що мають перспективу багаторазового використання, що використовується в техніці, науці, промисловості.

Основні задачі стандартизації – це встановлення вимог до технічного рівня і якості продукції, сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, а також норм, вимог в області проектування і виробництва продукції, що дозволяють забезпечити оптимальну якість і ліквідувати нераціональне різноманіття видів, марок, розмірів.

Уніфікація – приведення продукції і засобів виробництва або їх елементів до однієї форми, розміри, структури, складу. Уніфікація – важливий напрямок у розвитку сучасної техніки, комплексний процес, що охоплює питання проектування, технології, контролю і експлуатації машин, механізмів, апаратів, пристроїв. Вона є найбільш розповсюдженим і ефективним методом підготовки і здійснення стандартизації.

Мета розрахунку: визначення рівня стандартизації та уніфікації випарного апарату.

Загальна кількість деталей $N=41$, з них стандартних $n_c=31$, уніфікованих — $n_3=9$, та унікальних $n=1$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{31}{41} = 0,76.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{31 + 9}{41} = 0,98.$$

Висновки: у результаті розрахунку встановлено, що коефіцієнти стандартизації та уніфікації становлять $K_c = 0,76$ та $K_y = 0,98$ відповідно.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Економічна частина проекту

8.1 Техніко – економічні обґрунтування доцільності зміни конструкції

Базисний випарний апарат має досить добрі експлуатаційні характеристики, але з метою підвищення інтенсифікації процесу та зменшенню теплових витрат було удосконалено апарат, а саме встановлено ежектор, винесений за межі грійної камери.

Основні техніко-економічні показники базового та модернізованого теплообмінників представлено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Порівняльна характеристика базового та модернізованого випарників

Показники	Одиниця виміру	Техніка	
		Базова	Проектowana
Продуктивність	кг/с	8	10
Поверхня теплообміну	м ²	630	630
Термін служби	років	8	10
Маса апарату	кг	38650	38650
Вибухонебезпечність		так	так
Норма обслуговування	чол.	4	4

Модернізацію базового апарату (випарний апарат з виносною зоною кипіння) розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки, згідно з методою [24].

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай модернізація устаткування хімічної та нафтопереробної галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат n_{p_i} , який розраховується за формулою [24, с. 6]

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}}, \quad (8.1)$$

де M_i - сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.;

S_{e_i} - перевищення експлуатаційних (поточних) витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн.;

K_{H_i} - оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

α - коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

S_{a_i} - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Розрахований по формулі (8.1) коефіцієнт n_{p_i} може мати позитивні, негативні або нульове значення (таблиця 8.2).

Сукупні витрати M_i на проведення модернізації устаткування складаються з таких окремих елементів, а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання модернізації);

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по модернізації устаткування; відрахування на соціальне страхування);
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає модернізації;
- інші види витрат.

Таблиця 8.2 - Значення коефіцієнту ефективності витрат n_{pi} на модернізацію устаткування [24, с.6, таблиця 2]

Величина коефіцієнта n_{pi}	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{pi} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{pi} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{pi} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат M_i на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі [24, с. 7]:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 10000000 \cdot 0,06 = 600000, \quad (8.2)$$

де $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} = 10000000$ грн.

K_i - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, $K_i = 0,06$ для випарника.

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило,

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{e_i} може бути розрахована по формулі [24, с. 9]:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,12 \cdot 10000000 - 0,1 \cdot 10200000 = 180000$$

де q_{b_i} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, $q_{b_i} = 0,12$;

q_{b_n} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування, $q_{b_n} = 0,1$

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$ – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування, $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 10200000$.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі [24, с. 11]:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}} = \frac{8}{10} = 0,8,$$

де Π_i – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації, 10

$\Pi_{\text{нов}}$ – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників,

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який характеризує роботу аналогічного нового устаткування, $\Pi_{\text{нов}} = 8$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування β розраховується по формулі [с. 11]:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10}{9} = 1,111,$$

де $T_{\text{мод}}$ – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації, $T_{\text{мод}}=10$

$T_{\text{нов}}$ – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування, $T_{\text{нов}}=9$.

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники.

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{p_i} , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \cdot \alpha \cdot \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{600000 + 180000}{9000000 \cdot 0,8 \cdot 1,111 + 5000000} = 0,94.$$

Висновок: розраховане значення коефіцієнта ефективності витрат $n_{p_i} > 0$, а це значить, що модернізація парогенератора є економічно доцільна. У якості аналога використовувався сучасний вітчизняний випарний апарат з виносною зоною кипіння.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему: "Модернізація випарного апарата установки виробництва нітрату амонію" проведено модернізацію випарного апарату для установки виробництва нітрату амонію. Модернізація полягає у тому, що у циркуляційну трубу встановлено ежекційний насос, що дозволило покращити перемішування зконцентрованого розчину з початковим розчином та зменшити теплові втрати через поверхню циркуляційної труби.

Для виконання поставленого завдання проведено огляд існуючих конструкцій на основі якого зроблено вибір конструкції апарата на користь випарного апарата з винесеною зоною кипіння. Проаналізовано і порівняно вибрану конструкції з кращими вітчизняними і світовими аналогами в результаті чого встановлено, що наш апарат не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах. Для розуміння призначення випарного апарата міститься опис установки і місце в ній апарата з технічною характеристикою.

Було виконано розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. Також було зроблено параметричний розрахунок, розрахунки на міцність основних вузлів та деталей апарата (визначення товщини стінки циліндричної обичайки та еліптичного днища під внутрішнім тиском, розрахунок циліндричної обичайки під зовнішнім тиском, розрахунок фланцевого з'єднання, розрахунок опор, розрахунок ізоляції). Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту включає одне креслення формату А0 та два креслення формату А1, що містять: схему установки виробництва нітрату амонію, складальне креслення випарного апарата та креслення грійної камери. До складальних креслень складені специфікації.

Результати проведених розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку, що включає дані відповідності розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. Наведені рекомендації з виготовлення, монтажу й експлуатації розробленого апарата. Проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр» на тему: "Модернизация выпарного аппарата установки производства нитрата аммония" была проведена модернизация выпарного аппарата для производства нитрата аммония. Модернизация заключается в том, что в циркуляционную трубу был установлен эжекционный насос, что позволило улучшить перемешивание сконцентрированного раствора с начальным раствором и уменьшить тепловые потери через поверхность циркуляционной трубы.

Для выполнения поставленной задачи был проведен обзор существующих конструкций на основе которого сделан выбор конструкции аппарата в пользу выпарного аппарата с вынесенной зоной кипения. Выбранная конструкция была проанализирована и сравнена с лучшими отечественными и мировыми аналогами в результате чего установлено, что наш аппарат не содержит принципиальных решений предлагаемых в рассматриваемых патентах. Для понимания назначения выпарного аппарата содержится описание установки и место в ней аппарата с технической характеристикой.

Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Также были сделаны: параметрический расчет, прочностные расчеты основных узлов и деталей аппарата (определение толщины стенки цилиндрической обечайки и эллиптического днища под. внутренним давлением, расчет цилиндрической обечайки под. внешним давлением, расчет фланцевого соединения, расчет опор, расчет изоляции). Расчеты на прочность выполнены в соответствии с действующими государственными и отраслевыми стандартами.

Графическая часть проекта включает один чертеж формата А0 и два чертежа формата А1, содержащие: схему установки производства нитрата аммония, сборочный чертеж выпарного аппарата и чертеж греющей камеры. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Результаты проведенных расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку, включающую данные соответствия разработанной конструкции требованиям техники безопасности. Приведенные рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации разработанного аппарата. Проведено технико-экономическое обоснование модернизации.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the graduation project of educational qualification level "Bachelor" project on the topic: "Modernization of evaporator of ammonium nitrate production plant" evaporator for the production of ammonium nitrate was modernized. The essence of modernization lies in the fact that part of the circulation contour was made in form of ejector, what is more ejector was carried out of the heating chamber. This allows increasing the circulation rate of the solution.

To accomplish the task, a review of the existing structures was conducted on the basis of which the design of the apparatus was chosen in favor of the evaporator with the remote boiling zone. The selected design was analyzed and compared with the best domestic and world analogues, as a result it was established that our device does not contain the principal solutions proposed in the patents under consideration. For understanding the purpose of the evaporator document contains a description of the installation and the place of the device in it with the technical characteristics.

There are calculations confirming the performance and reliability of the design . Also there are parametric calculation, strength calculations of the main components and parts of the apparatus (the determination of the wall thickness of the cylindrical shell and the elliptical bottom under internal pressure, the calculation of the cylindrical shell under external pressure, the calculation of flange connection, calculation of supports, insulation calculation). Strength calculations are made in accordance with current state and industry standards.

The graphical part of the project consists of one drawing A0 and two drawings A1 format, comprising: the technological scheme of the production of ammonium nitrate, the assembly drawing of an evaporator, the drawing of a heating chamber. Specifications for assembly drawings were made.

The results of the calculations are summarized in a settlement and explanatory note, including data on the compliance of the design with the requirements of safety. Recommendations for the manufacture, installation and operation of the developed apparatus were given. A feasibility study of modernization was conducted.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. І., Беренгартен М. Г. “Общая химическая технология”, Москва “Высшая школа” 1990 р., с. 452.
2. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Том 2. м Калуга, 2002г.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др.. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991 – 496 с.
4. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1981. – 752 с
5. Заява на патент України. Випарний апарат / Терещенко І. Ю., Гулієнко С. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201809982; заявл. 05.10.2018
6. Патент UA 113124. Випарний апарат. Лещенко Оксана Анатоліївна, Гулієнко Сергій Валерійович. Опубліковано 10.01.2017.
7. Патент UA 115020. Однокорпусна багатоступенева вакуумна випарна установка. Торчінскій Александр Ніколаєвіч. Опубліковано 11.09.2017.
8. Патент UA. Парогенератор. Труба Аліна Миколаївна, Степанюк Андрій Романович. Опубліковано 27.03.2017.
9. Патент US20180187932 A1. Випарний апарат та відцентровий чіллер. Наоя Мійоши, Кенджі Уєда, Йошінорі Шираката, Норіюкі Мацукура. Опубліковано 05.07.2018.
10. Патент US20180117493 A1. Випарний апарат. Тадахіро Мукаїда, Хіроши Йамаджі, Хідео Нода. Опубліковано 03.05.2018.
11. ГОСТ 12.1.030-82. Електробезпека.
12. Йоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. – Л.: Химия, 1991. – 352 с., ил.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

13. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических технологий. Учебное пособие для вузов/Под П. Г. Романкова.– Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
14. Выпарные установки. Чернобыльский И. И. «Вища школа», 1970, 244 с.
15. ГОСТ 14249 – 89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
16. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Том 1. м Калуга, 2002г.
17. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. Пособие для студентов втузов/М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; Под общ. Ред.. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1984 – 301 с., ил.
18. Конструювання фланцевих з'єднання сталевих посудин та апаратів Навч. посібник / І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1997. – 151 с.
19. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1995. – 184 с.
20. Мікульонок І. О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв : навч. посібник / І.О. Мікульонок. - К.: Наук. думка, 1999. - 152 с.
21. Технологическая инструкция на монтаж выпарного аппарата, 1958.
22. Проект ТУ на монтаж теплообменных и выпарных аппаратов, кубов и кристаллизаторов (2-я редакция). Госхимпроект, 1960.
23. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» для студентів, що навчаються за напрямом підготовки 6.050503 Машинобудування спеціальність “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” : [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. Степанюк А.Р., Гатілов К.О. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2011. – 64 с.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Задольський А.М., Шаповаленко О.О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету). Навчальне видання. – К.: НТУУ «КПІ». 2010. – 15с.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Документація до патентного дослідження

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А. Патентний пошук.

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН51.1.РП

Найменування теми Парогенератор шифр теми ЛН01. 065343.000

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН51.15.04.2019

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** - парогенератор (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо теплообмінних апаратів (визначення патентноздатності проєктованого апарата і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1999-2019 роки.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: B01D 1/00, B01D 1/06, B01F 7/00, F01K 9/00, F25B 1/00, F25B 39/00, F28D 1/04, F28D 7/00, F28F 9/24.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 661.525.3.

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій.

Початок пошуку 15.04.2019 Закінчення пошуку 19.05.2019

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛН51.1.ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН51.065343.000.
(номер, дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата регламенту пошуку ЛН01.1.РП, 06.04.2014,

Початок пошуку 15.04.2019 Закінчення пошуку 19.05.2019

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Випарний апарат	Визначення патентно-здатності проектів апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США.	B01D 1/00, B01D 1/06, B01F 7/00, F01K 9/00, F25B 1/00, F25B 39/00, F28D 1/04, F28D 7/00, F28F 9/24	2017-2019	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці А.2.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Таблиця А.2 - джерела інформації. Використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Випарний апарат	Україна; США.	B01D 1/00, B01D 1/06, B01F 7/00, F01K 9/00, F25B 1/00, F25B 39/00, F28D 1/04, F28D 7/00, F28F 9/24	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/http://base.ukrpatent.org/http://www.google.com/patents	Описи винаходів патентів України № 113124. Описи корисних моделей патентів України № 115020. Описи корисних моделей патентів України № 114803 Описи винаходів патентів США № 2018018793 2. Описи винаходів патентів США № 2018011749 3	Дытнерский Ю.И. процессы и аппараты хим. Технологии: Часть 2. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии.— Л.: Химия, 1991.—352 с

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці А.3).

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Випарний апарат	Патент №113124 (UA), B01D 1/06. Випарний апарат / Лещенко Оксана Анатоліївна, Гулієнко Сегрій Валерійович; - Заявка №u201607722, 13.07.2016; Опубл. 10.01.2017, Бюл.№1	Діє
Випарний апарат	Патент №115020 (UA), B01D 1/00. Випарний апарат / Торчінскій Александр Ніколієвіч; Заявка № a201201283, 07.02.2012; Опубл. 11.09.2017, Бюл.№17	Діє
Парогенератор	Патент №114803 (UA), F01K 9/00, F28D 7/00. Парогенератор / Труба Аліна Миколаїїна, Степанюк Андрій Романович; Заявка №u201607904, 18.07.2016; Опубл. 27.03.2017, Бюл.№6	Діє
Випарний апарат	Patent № US 2018/0187932 A1 Evaporator and centrifugal chiller provided with the same, Application No. 15/736,130, Pub. Date Jul 5, 2018	Діє
Випарний апарат	Patent № US 2018/0117493 A1, Application No. 15/552,334, Pub. Date May 3, 2018	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта наведено в таблиці А.4.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Таблиця А.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проектного об'єкта

ОГД, його складові частини		Найближчий аналог		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
Випарний апарат	А)вертикальний корпус; Б)теплообмінні труби; В)винесена зона кипіння; Г)циркуляційна труба; Д)ежектор, винесений за межі грійної камери.	Патент на корисну модель №100681 (UA), B01D 1/00, B01D 1/12 (2006.01)	А)вертикальний корпус; Б)теплообмінні труби; В)винесена зона кипіння Г)циркуляційна труба; Д)ежектор в грійній камері.	Усунення зайвих теплових втрат та спрощення ремонту .	Можливе використання в хімічній нафтохімічній та інших галузях промисловості.	у 2018 09982 , 05.10. 2018, 25.04. 2019

Додаток Б

Комп'ютерний розрахунок елементів парогенератора

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б. Програма розрахунку товщини стінки контактної теплообмінника під дією внутрішнього надлишкового тиску.

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку.

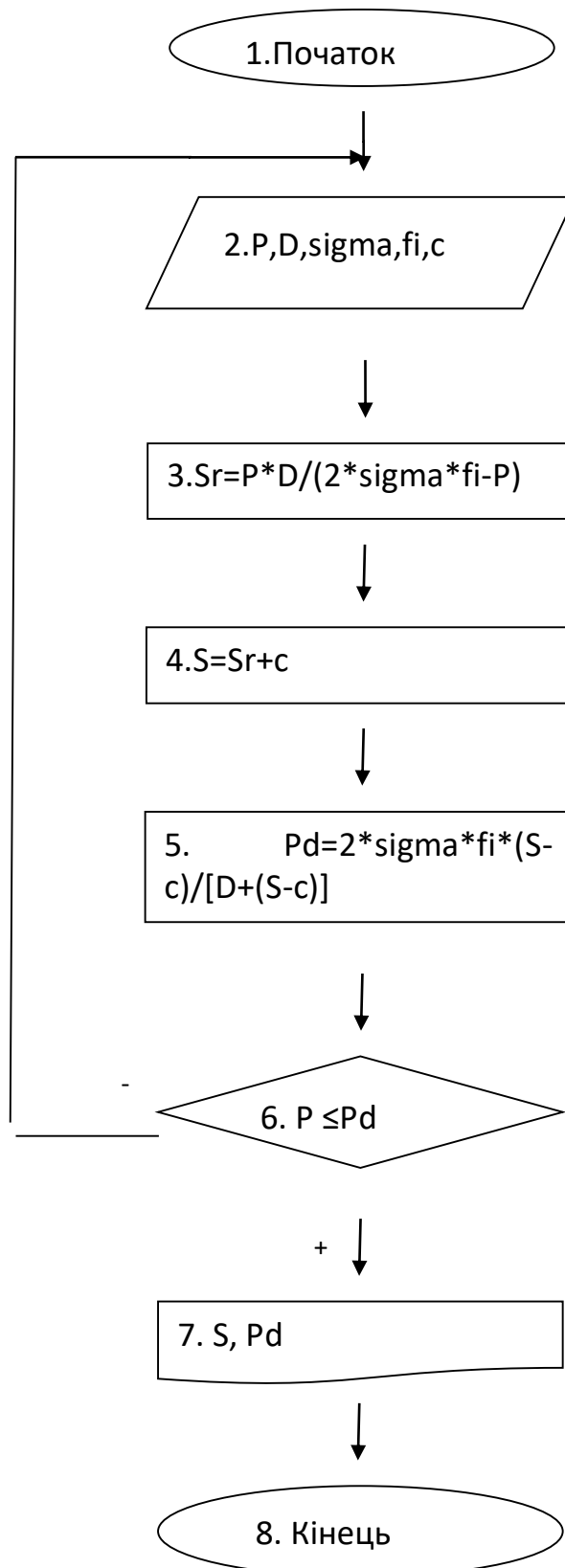


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку товщини стінки випарного апарату
під дією внутрішнього надлишкового тиску

Таблиця Б.2 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	P_p	МПа
Внутрішній діаметр	D	м
Допустиме напруження	σ_{dop}	МПа
Прибавка на корозію	C	м
Технологічна прибавка	C_1	м
Розрахункова товщина	S_r	м
Прийнята товщина	S	м
Допустимий тиск	p_{dop}	МПа
Коефіцієнт зварного шва	ϕ_i	-
Висота еліптичної частини	H	м
Швидкість корозії	V_k	

Б.3 Програма розрахунку стінки випарного апарату

Товщина циліндричної обичайки

Сталь 08X18H10T

$$P := 1.2 \quad D := 1.8 \quad \sigma := 140 \quad \varphi_{\text{ш}} := 0.9$$

$$S_{\text{ш}} := \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_{\text{ш}} - P} = 8.612 \times 10^{-3}$$

$$S_{\text{ш}} = 8.612 \times 10^{-3} \quad c1 := 0.5 \quad c2 := 0.5 \quad c3 := 0 \quad C := 1$$

$$S := S_{\text{ш}} + c1 + c2 + c3 = 1.009$$

$$S := 10$$

$$P_{\text{доп}} := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_{\text{ш}} \cdot (S - C) \cdot 10^{-3}}{D + (S - C) \cdot 10^{-3}} = 1.254$$

$$1.2 < 1.254$$

Товщина еліптичного днища

Сталь 08X18H10T

$$P := 1.2 \quad D := 1.8 \quad \sigma := 140 \quad \varphi_{\text{ш}} := 0.9$$

$$S_{\text{ш}} := \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_{\text{ш}} - 0.5P} = 8.592 \times 10^{-3}$$

$$C := 1$$

$$S := S_{\text{ш}} + C = 1.009$$

$$S := 10$$

$$P_{\text{доп}} := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_{\text{ш}} \cdot (S - C) \cdot 10^{-3}}{D + (S - C) \cdot 10^{-3}} = 1.254$$

$$1.2 < 1.254$$

$$H := 0.25D = 0.45$$

$$h := 25$$

$$h_{\text{в}} := 62 \quad D = 1.8$$

Додаток В

Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113124** (13) **U**
(51) МПК
B01D 1/06 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 07722**
(22) Дата подання заявки: **13.07.2016**
(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.01.2017**
(46) Публікація відомостей **10.01.2017, Бюл.№ 1**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):
Лещенко Оксана Анатоліївна (UA),
Гулієнко Сергій Валерійович (UA)
(73) Власник(и):
Лещенко Оксана Анатоліївна,
вул. Металістів, 5, кім. 802, м. Київ, 03056
(UA),
Гулієнко Сергій Валерійович,
пр. Оболонський, 36, кв. 181, м. Київ, 04214
(UA)

(54) ВИПАРНИЙ АПАРАТ

(57) Реферат:

Випарний апарат містить корпус, теплообмінні труби, штуцери для входу і виходу середовищ.
На теплообмінних трубах виконані турбулізуючі вставки у формі піраміди.

UA 113124 U



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115020** (13) **C2**
(51) МПК (2017.01)
B01D 1/00
B01D 1/26 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 01283	(72) Винахідник(и): Торчінський Александр Ніколаєвіч (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.02.2012	(73) Власник(и): Торчінський Александр Ніколаєвіч, вул. Ілліча, 32, кв. 110, м. Єнакієве, Донецька обл., 88496 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.09.2017	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 38475 A, 15.05.2001 SU 1632449 A1, 07.03.1991 EA 005392 B1, 24.02.2005 GB 780272 A, 31.07.1957 UA 76548 C2, 15.08.2006 UA 61904 C2, 15.12.2003 US 5411640 A, 02.05.1995 US 3298932 A, 17.01.1967 EP 0948381 B1, 13.10.1999
(41) Публікація відомостей про заяву: 12.08.2013, Бюл.№ 15	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.09.2017, Бюл.№ 17	

(54) ОДНОКОРПУСНА БАГАТОСТУПЕНЕВА ВАКУУМНА ВИПАРНА УСТАНОВКА

(57) Реферат:

Винахід належить до технологій випарювання. Однокорпусна багатоступенева вакуумна випарна установка складається із зовнішнього корпусу першого ступеня, всередині якого розміщені корпуси наступних ступенів таким чином, щоб корпус кожного наступного ступеня концентрично розміщувався всередині корпусу попереднього, причому корпус першого ступеня установки є корпусом найменшого розрядження, а корпус останнього - найбільшого. Винахід дозволяє скоротити витрати металу та теплоізоляційних матеріалів.

UA 115020 C2

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114803** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

F01K 9/00**F28D 7/00**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**(21) Номер заявки: **u 2016 07904**(22) Дата подання заявки: **18.07.2016**(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **27.03.2017**(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **27.03.2017, Бюл.№ 6**

(72) Винахідник(и):

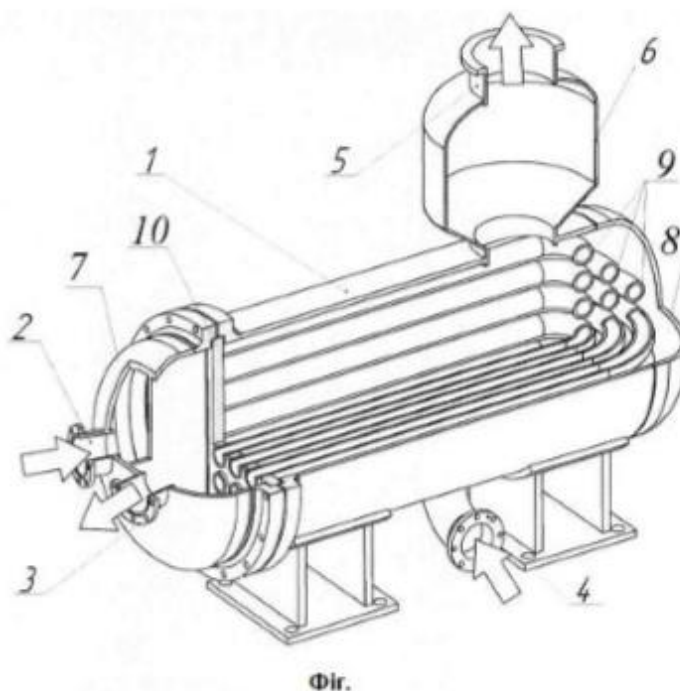
**Труба Аліна Миколаївна (UA),
Степанюк Андрій Романович (UA)**

(73) Власник(и):

**Труба Аліна Миколаївна,
вул. Малокиїївська, 7-а, кв. 55, м. Київ-067,
03028 (UA),
Степанюк Андрій Романович,
пр. В. Маяковського, 66-а, кв. 132, м. Київ-
232, 02232 (UA)****(54) ПАРОГЕНЕРАТОР**

(57) Реферат:

Парогенератор з виносною камерою. Корпус виконано циліндричної форми з вертикальною випарною циліндричною камерою.



UA 114803 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН51.065343.001ПЗ

Арк.

102



US 20180187932A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
MIYOSHI et al.(10) **Pub. No.: US 2018/0187932 A1**(43) **Pub. Date: Jul. 5, 2018**(54) **EVAPORATOR AND CENTRIFUGAL CHILLER PROVIDED WITH THE SAME**(71) Applicant: **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES THERMAL SYSTEMS, LTD.**, Tokyo (JP)(72) Inventors: **Naoya MIYOSHI**, Tokyo (JP); **Kenji UEDA**, Tokyo (JP); **Yoshinori SHIRAKATA**, Tokyo (JP); **Noriyuki MATSUKURA**, Tokyo (JP)(73) Assignee: **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES THERMAL SYSTEMS, LTD.**, Tokyo (JP)(21) Appl. No.: **15/736,130**(22) PCT Filed: **Sep. 6, 2016**(86) PCT No.: **PCT/JP2016/076068**

§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Dec. 13, 2017**(30) **Foreign Application Priority Data**

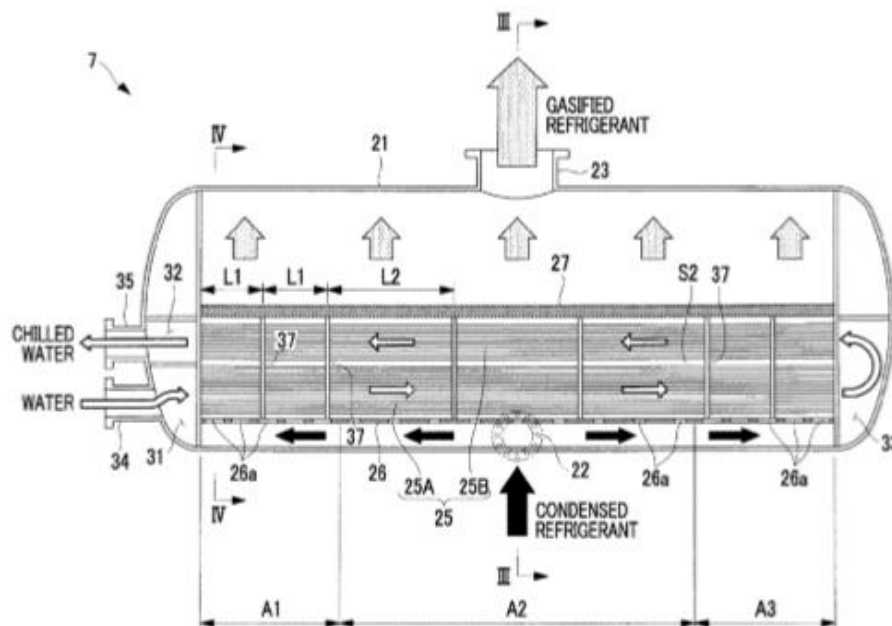
Oct. 9, 2015 (JP) 2015-201239

Publication Classification(51) **Int. Cl.**
F25B 39/00 (2006.01)
F25B 1/00 (2006.01)**F28D 1/04** (2006.01)**F28D 7/16** (2006.01)**F28F 9/02** (2006.01)**F28F 9/24** (2006.01)(52) **U.S. Cl.**CPC **F25B 39/00** (2013.01); **F25B 1/00** (2013.01); **F28D 1/04** (2013.01); **F25B 39/02** (2013.01); **F28F 9/02** (2013.01); **F28F 9/24** (2013.01); **F28D 7/16** (2013.01)

(57)

ABSTRACT

Provided is an evaporator capable of, in a centrifugal chiller using a low pressure refrigerant used at a maximum pressure of less than 0.2 MPaG, preventing dry-out of a group of heat transfer pipes in an evaporator to increase heat transfer performance and to suppress reduced efficiency due to carryover of the low pressure refrigerant in a liquid phase to a turbo compressor side and a centrifugal chiller provided with same. An evaporator (7) comprises a pressure container (21) into which a refrigerant is compressed and introduced, a refrigerant inlet (22) provided on a lower portion of the pressure container, a refrigerant outlet (23) provided on an upper portion of the pressure container, a group of heat transfer pipes (25) that exchange heat with the refrigerant through the interior of the pressure container and a tabular refrigerant distribution plate (26) installed between the refrigerant inlet and the group of heat transfer pipes and in which refrigerant flow holes (26a) are drilled. The surface ratio of the refrigerant flow holes per unit area on the refrigerant distribution plate in an area (A1) corresponding to a position near the upstream side of the group of heat transfer pipes is greater than that in another area (A2).



Арк.

ЛН51.065343.001ПЗ

103

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата



US 20180117493A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
MUKAIDA et al.(10) **Pub. No.: US 2018/0117493 A1**(43) **Pub. Date: May 3, 2018**(54) **EVAPORATOR****Publication Classification**(71) Applicant: **KANSAI CHEMICAL
ENGINEERING CO., LTD.,
AMAGASAKI-SHI, HYOGO (JP)**(51) **Int. Cl.**
B01D 1/22 (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)
B01F 7/18 (2006.01)
B01F 15/06 (2006.01)
B01F 7/00 (2006.01)(72) Inventors: **TADAHIRO MUKAIDA,
AMAGASAKI-SHI, HYOGO (JP);
HIROSHI YAMAJI,
AMAGASAKI-SHI, HYOGO (JP);
HIDEO NODA, AMAGASAKI-SHI,
HYOGO (JP)**(52) **U.S. CL.**
CPC **B01D 1/223** (2013.01); **B01D 5/006**
(2013.01); **B01F 203/062** (2013.01); **B01F**
15/066 (2013.01); **B01F 7/00633** (2013.01);
B01F 7/18 (2013.01)(21) Appl. No.: **15/552,334**(22) PCT Filed: **Aug. 30, 2016**(86) PCT No.: **PCT/JP2016/075312**

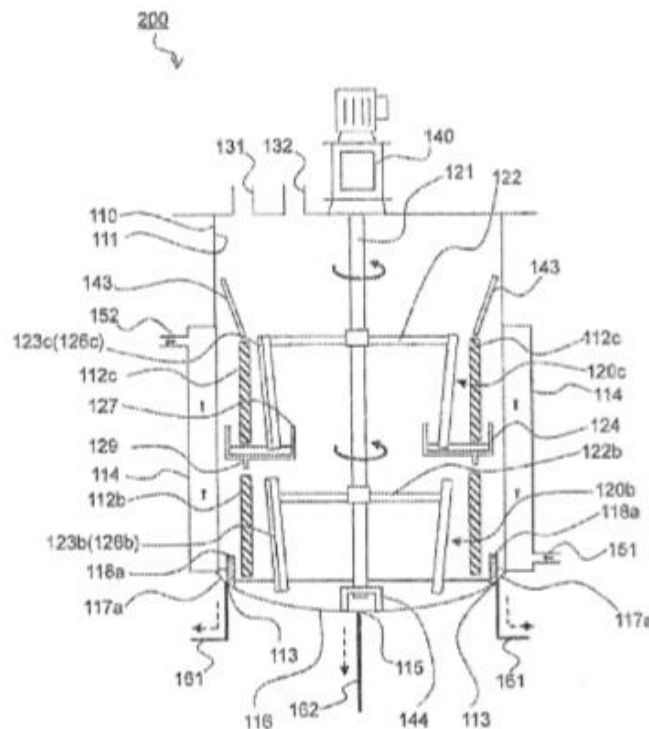
§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Jan. 2, 2018**(30) **Foreign Application Priority Data**

Sep. 7, 2015 (JP) 2015-176142

(57) **ABSTRACT**

An evaporator of the present invention includes an agitation vessel having a volatile component outlet and a concentrate outlet and configured to receive a raw material liquid, a heat source provided inside the agitation vessel, a liquid distributing portion provided within the agitation vessel and configured to cause the raw material liquid to flow down the heat source, and a first condenser provided on an outer circumference of the agitation vessel and configured to cool an inner wall of the agitation vessel. The evaporator of the present invention is useful in, for example, the concentration of various liquid chemicals and chemical products and the removal of volatile impurities from these chemicals and chemical products.



Арк.

ЛН51.065343.001ПЗ

104

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Додаток Г

Публікації автора

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента групи ЛН-51

ТЕРЕЩЕНКО ІГОРЯ ЮРІЙОВИЧА

1. Патент України на корисну модель «Випарний апарат»; публік. 25.04.2019; заявн.: Гулієнко С.В., Терещенко І. Ю.
2. Випарний апарат / Терещенко І.Ю., Гулієнко С.В., // «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXIV всеукраїнська наукова-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 22-23 квітня 2019р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2019р. – Секція 1. – 24-25.
3. Модернізація випарного апарату в схемі виробництва аміачної селітри / Терещенко І. Ю., Гулієнко С.В., // «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXIII всеукраїнська наукова-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 28-29 листопада 2018р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2018р. – Секція 1. – 27-28.

					ЛН51.065343.001ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **133732** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
B01D 1/00
B01D 1/12 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2018 09982**
(22) Дата подання заявки: **05.10.2018**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2019**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2019, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):
Терещенко Ігор Юрійович (UA),
Гуліснко Сергій Валерійович (UA)
(73) Власник(и):
Терещенко Ігор Юрійович,
просп. Відрадий, 22-а, кв. 12, м. Київ,
03061 (UA),
Гуліснко Сергій Валерійович,
просп. Оболонський, 36, кв. 181, м. Київ-
214, 04214 (UA)

(54) ВИПАРНИЙ АПАРАТ

(57) Реферат:

Випарний апарат містить сепаратор, камеру підігріву з вертикальними трубами, які розміщені в решітках, і з верхньою і нижньою камерами розчину, приєднаними до сепаратора за допомогою штуцера і циркуляційної труби відповідно, патрубки виведення конденсату і пари, ежектор, який винесений за межі камери підігріву. Патрубок підведення вихідного розчину, розміщений в нижній камері розчину співвісно камері підігріву.

UA 133732 U

УДК 661.525.3

ВИПАРНИЙ АПАРАТ

студент Терещенко І. Ю., к. т. н., ст. викл. Гулієнко С. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Одним із найважливіших видів мінеральних добрив є азотні: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку та ін. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

В основу модернізації поставлена задача вдосконалення випарного апарата, в якому нове виконання забезпечило усунення зайвих теплових витрат на обігрів ежектора та спрощення ремонту апарата.

Поставлена задача вирішується тим, що у випарному апараті, що містить сепаратор, грійну камеру з вертикальними трубами, які розміщені в решітках, і з верхньою і нижньою камерами розчину, присьданими до сепаратора за допомогою штуцера і циркуляційної труби відповідно, патрубок підведення вихідного розчину, розміщений в нижній камері розчину співвісно грійній камері, патрубки виведення конденсату і пари, ежектор, в якому згідно корисної моделі, що пропонується, новим є те, що ежектор винесений за межі грійної камери.

Випарний апарат працює наступним чином. Через патрубок 10 подається вихідний розчин в ежектор 8, в якому створюється розрідження, за рахунок якого з циркуляційної труби всмоктується циркулюючий розчин. Далі розчин надходить до труб 2 грійної камери, де випаровується розчинник. Упарований розчин піднімається по трубах в верхню камеру розчину 5 звідки через патрубки 11 і 12 упарений розчин і пара потрапляє до сепаратора 8. З сепаратора 8 через патрубок 13 відводиться вторинна пара, а через штуцер 14 відводиться частина упареного розчину. Інша частина розчину іде на

циркуляцію через циркуляційну трубу 9. Обігрів здійснюється насиченою водяною парою, яка подається через патрубок 15. Конденсат відводиться через патрубок 16. Залишок упареного розчину виходить через патрубок 17.

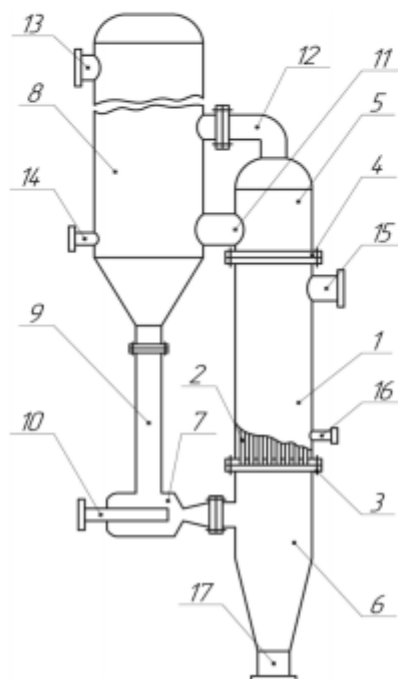


Рисунок 1. – Схема випарного апарата

Таке виконання забезпечує усунення зайвих теплових витрат на обігрів ежектора та спрощення ремонту апарата.

Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. І., Беренгартен М. Г. "Общая химическая технология", Москва "Высшая школа" 1990 р., с. 452.
2. Заява на патент України. Випарний апарат / Терещенко І. Ю., Гулієнко С. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201809982; заявл. 05.10.2018

УДК 661.525.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

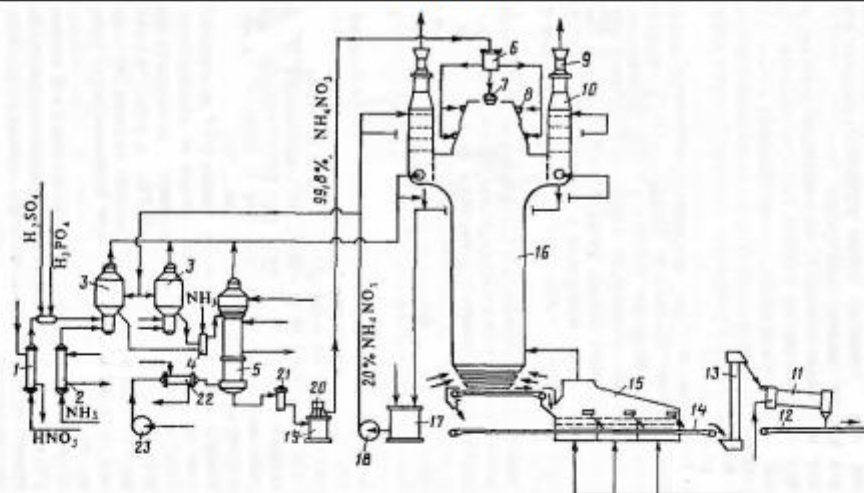
студент Терещенко І. Ю. к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одним із найважливіших видів мінеральних добрив є азотні: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку та ін. Азот виконує важливу роль у життєдіяльності рослин: він входить до складу хлорофілу, що є акцептором сонячної енергії, і білка, необхідного для побудови живої клітини. Рослини здатні споживати тільки зв'язаний азот – у формі нітратів, солей амонію або амідів. Відносно невеликі кількості зв'язаного азоту утворюються внаслідок діяльності мікроорганізмів, що живуть у ґрунті, однак сучасне землеробство вже неможливо уявити без додаткового внесення в ґрунт азотних добрив, отриманих в результаті промислового зв'язування атмосферного азоту.

Аміачна селітра, або нітрат амонію, NH_4NO_3 - кристалічна речовина білого кольору, що містить 35% азоту в амонійній і нітратній формах, обидві ці форми азоту легко засвоюються рослинами. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

Для отримання аміачної селітри, що практично не злежується, застосовують ряд технологічних прийомів, зокрема, гранулювання. Сумарна поверхня однорідних гранул менше поверхні такої ж кількості дрібнокристалічної солі, тому гранульовані добрива повільніше поглинають вологу з повітря. Іноді аміачну селітру сплавляють з менш гігроскопічними солями, наприклад, сульфатом амонію, фосфатами амонію, хлоридом калію, нітратом магнію. Схема установки виробництва аміачної селітри представлена на рисунку 1.



- 1 – підігрівач кислоти; 2 – підігрівач аміаку; 3 – апарати ІТН;
4 – донейтралізатор; 5 – випарний апарат; 6 – напірний бак;
7, 8 – гранулятори; 9, 23 – вентилятори; 10 – промивний скруббер;
11 – барабан; 12, 14 – транспортери; 13 – елеватор; 15 – апарат киплячого шару; 16 – грануляційна башта; 17 – збірник; 18, 20 – насоси; 19 – бак для плаву; 21 – фільтр для плаву; 22 – підігрівач повітря.

Рисунок 1. Схема агрегату аміачної селітри АС-72.

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що випарний апарат 5 виконує важливу функцію в процесі виробництва, тому його модернізація є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г. Общая химическая технология 2-е изд., испр. и доп., М.: Высшая школа, 1990, с. 452.